



UNIVERSIDAD DE CASTILLA – LA MANCHA
Escuela Superior de Informática de Ciudad Real
Departamento de Informática

TESIS DOCTORAL

**UN SISTEMA DE SOPORTE AL APRENDIZAJE
COLABORATIVO DEL DISEÑO DOMÓTICO
MEDIANTE HERRAMIENTAS DE MODELADO
Y SIMULACIÓN**

AUTOR: Crescencio Bravo Santos

DIRECTORES:
Dr. Manuel Ortega Cantero
Dra. María Felisa Verdejo Maillo

Memoria presentada para optar al título de Doctor en Informática

Ciudad Real, 2002

Agradecimientos

*A mis directores de Tesis,
por sus consejos, enseñanzas y preceptos.*

*A la Universidad de Castilla – La Mancha, al Dpto. de Informática
y a la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real,
por brindar los medios.*

*A los centros de enseñanza y a los alumnos que han utilizado los sistemas desarrollados,
por su esfuerzo y dedicación.*

*A Miguel Á. Redondo, José Bravo, José M. Ruiz y Beatriz Barros,
por su generosa y valiosa ayuda.*

*A mi familia,
por su comprensión y apoyo.*

*A mi mujer, fuente de inspiración,
por su amor.*

Todos son parte de este trabajo. Gracias.

“Lo que tenemos que aprender lo aprendemos haciendo.”

[Aristóteles]

“Aprender sin reflexionar es malgastar la energía.”

[Confucio]

“Uno para todos y todos para uno.”

[Alejandro Dumas]

Los Sistemas Colaborativos son un área de creciente interés para los investigadores que se está utilizando para mejorar los procesos de aprendizaje y trabajo en grupo y a distancia. En esta investigación se ha trabajado en el estudio y desarrollo de sistemas para el aprendizaje colaborativo en tiempo real, profundizando en la problemática de los entornos de aprendizaje del diseño mediante simulación, y se ha propuesto una arquitectura y un modelo de interacción síncrona que se basan en el principio metodológico del Constructivismo y en los métodos instruccionales del Aprendizaje Basado en Problemas y del Aprendizaje Mediante Diseño.

La arquitectura propuesta engloba una dimensión física y otra funcional. La arquitectura física se basa en un enfoque cliente/servidor y describe los componentes hardware y software que materializan el entorno. La arquitectura funcional identifica un conjunto de niveles (Organización, Experiencia y Análisis), de subsistemas y de herramientas que dan forma al entorno planteado. Se ha empleado la metáfora del espacio de trabajo para organizar las tareas a realizar con las herramientas correspondientes. Los subsistemas identificados son los siguientes:

- Subsistema Gestor de Actividades: Se encarga de gestionar información de usuarios y grupos, así como de definir y proponer actividades de resolución de problemas.
- Subsistema de Comunicación y Coordinación: Contiene tanto herramientas asíncronas que se utilizan para la organización de las sesiones de trabajo como herramientas síncronas que se emplean durante la resolución de problemas.
- Subsistema de Diseño y Simulación: Apuesta por la colaboración síncrona para la organización del trabajo, la parametrización de variables, el diseño de modelos en superficies de trabajo compartidas como solución a un problema y la simulación para la validación y refinamiento de los modelos.
- Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades: Permite sintetizar y analizar la información recogida durante la realización de las actividades, tanto de la interacción efectuada por los usuarios como de la solución al problema.

El modelo semiestructurado de interacción empleado en el diseño y simulación propone Protocolos de Colaboración, Técnicas de Estructuración Flexible y la utilización del Lenguaje como Acción para estructurar el trabajo. Las herramientas empleadas para la realización de las tareas se basan en la manipulación directa basada en el Modelo Objeto-Acción, en mecanismos de soporte a la comunicación, coordinación y toma de decisiones y en técnicas de *awareness* para facilitar la colaboración en tiempo real.

Para aplicar y validar estos planteamientos se ha construido un entorno colaborativo completo aplicado al aprendizaje de la Domótica. Este desarrollo ha tenido en cuenta al usuario desde las primeras etapas y se ha efectuado en varias iteraciones que han dado lugar a diversos prototipos. Se ha aplicado evaluación formativa y heurística para mejorar la efectividad y depurar estos productos software. Este entorno, llamado DomoSim-TPC, se ha utilizado en situaciones reales de enseñanza en grupo y a distancia, obteniéndose datos que se han analizado y han permitido extraer conclusiones sobre nuestra propuesta.

Collaborative Systems are an area of growing interest for researchers that is being used to improve the processes of learning and work in groups and at distance. In this thesis we have worked in the study and development of systems for collaborative learning in real time, analysing in depth the problems of learning of design environments through simulation, and we have proposed an architecture and a model of synchronous interaction based on the methodological principle of Constructivism and in the instructional methods of Problem-Based Learning and Learning by Design.

The proposed architecture includes a physical and a functional dimension. The physical architecture is based on a client/server approach and describes the hardware and software components that materialize the environment. The functional architecture identifies a set of levels (Organization, Experience and Analysis), of subsystems, and of tools, all of which make up the outlined environment. The workspace metaphor has been used to organize the tasks to carry out with the corresponding tools. The identified systems are the following:

- Activity Management Subsystem: It has the responsibility to manage information about users and groups, and to define and propose problem solving activities.
- Communication and Coordination Subsystem: It contains asynchronous tools used to the organization of the work sessions as well as synchronous tools used during the problem solving.
- Design and Simulation Subsystem: It contributes with synchronous collaboration for the distribution of the work, the parametrization of variables, the model design in shared work surfaces as a solution to a problem, and the simulation for the validation and refinement of the models.
- Monitoring and Activities Analysis Subsystem: It allows synthesis and analysis of the registered information during the realization of activities, in the interaction carried out by the users as well as in the solution to the problem.

The semistructured model of interaction used in the design and simulation proposes Collaboration Protocols, Flexible Structuring Techniques, and the utilization of the Language as Action to structure the work. The tools used to the realization of the tasks are based on direct manipulation following the Object-Action Model, in mechanisms for the support of communication, coordination and making-decision, and in awareness techniques to facilitate real time collaboration.

In order to apply and validate these approaches a completed collaborative environment oriented to the learning of Domotics has been built. This development has taken into account the users from the first stages and it has been carried out in several iterations resulting in diverse prototypes. Formative and heuristic evaluation has been applied to improve effectiveness and to debug these software products. This environment, called DomoSim-TPC, has been used in real situations of learning in groups and at distance, obtaining data that have been analysed and have allowed us to draw interesting conclusions about our proposal.

Contenidos

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
CONTENIDOS	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
I.1. INTRODUCCIÓN	15
I.2. MOTIVACIÓN.....	16
I.3. OBJETIVOS	19
<i>Perspectiva social y pedagógica</i>	<i>19</i>
<i>Perspectiva tecnológica.....</i>	<i>19</i>
<i>Perspectiva experimental</i>	<i>20</i>
<i>Perspectiva de transferencia de conocimiento.....</i>	<i>20</i>
I.4. MARCO DE TRABAJO Y METODOLOGÍA	21
I.5. ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA	21
CAPÍTULO II. TRABAJO Y APRENDIZAJE COLABORATIVO	23
II.1. COLABORACIÓN Y COOPERACIÓN	23
II.2. TRABAJO COOPERATIVO	24
II.2.1. <i>Concepto de CSCW.....</i>	<i>24</i>
II.2.2. <i>Evolución histórica del CSCW</i>	<i>25</i>
II.2.3. <i>Groupware</i>	<i>27</i>
II.2.4. <i>Taxonomía de los Sistemas Cooperativos</i>	<i>29</i>
Interacción cara a cara: Mismo lugar – Mismo tiempo	30
Interacción asíncrona: Mismo lugar - Diferente tiempo.....	31
Interacción síncrona distribuida: Diferente lugar – Mismo tiempo.....	31
Interacción asíncrona distribuida: Diferente lugar – Diferente tiempo	31
II.2.5. <i>Colaboración distribuida en tiempo real y en la WWW.....</i>	<i>31</i>
II.2.6. <i>Futuro del CSCW y del Groupware.....</i>	<i>34</i>
II.2.7. <i>Entornos informáticos para el Diseño.....</i>	<i>35</i>
II.2.8. <i>Algunos entornos de Diseño/Trabajo Colaborativo</i>	<i>37</i>
II.3. APRENDIZAJE COLABORATIVO	39
II.3.1. <i>Constructivismo</i>	<i>39</i>
II.3.2. <i>Aprendizaje Colaborativo y CSCL.....</i>	<i>40</i>
II.3.3. <i>Métodos de enseñanza</i>	<i>43</i>
Aprendizaje Basado en Problemas	43
Aprendizaje Mediante Diseño	45
II.3.4. <i>Algunos entornos de Enseñanza/Aprendizaje Colaborativo.....</i>	<i>46</i>
II.4. SIMULACIÓN	50
II.4.1. <i>Simulación de Eventos Discretos.....</i>	<i>51</i>
II.4.2. <i>Sistemas de aprendizaje basados en Simulación</i>	<i>52</i>
II.4.3. <i>Simulación basada en la Web y Aprendizaje a Distancia</i>	<i>55</i>
II.4.4. <i>Simulación Colaborativa por Computador</i>	<i>56</i>
II.4.5. <i>Algunos entornos de Simulación Colaborativa</i>	<i>57</i>

II.5. REFLEXIÓN	59
CAPÍTULO III. DOMINIO DE APRENDIZAJE: LA DOMÓTICA	61
III.1. DOMÓTICA	61
III.1.1. Orígenes y situación actual.....	61
III.1.2. Definiciones.....	63
III.1.3. La Domótica a nivel mundial.....	64
III.2. SISTEMAS COMERCIALES	65
III.2.1. Sistemas de automatización por corrientes portadoras.....	66
III.2.2. Automatización por controlador programable	67
III.2.3. Sistema técnico de automatización con bus	67
III.3. LA ENSEÑANZA DE LA DOMÓTICA EN ESPAÑA	68
III.4. NUESTRA VISIÓN DE LA DOMÓTICA.....	70
III.4.1. Requerimientos de una vivienda o edificio domotizado.....	70
III.4.2. Operadores domóticos en una instalación.....	72
Receptores	73
Actuadores.....	74
Sistemas de regulación	75
III.4.3. Estructuración del dominio.....	76
III.5. EL MODELO DE DOMÓTICA ADOPTADO EN DOMOSIM-TPC.....	77
III.5.1. Áreas de gestión	77
III.5.2. Planos.....	77
III.5.3. Operadores.....	77
III.5.4. Tipos de sistemas de control empleados	82
III.5.5. Problemas de diseño en Domótica.....	83
III.5.6. Modelo Estructural	85
CAPÍTULO IV. DOMOSIM-TPC: UN ENTORNO COLABORATIVO DE APRENDIZAJE DEL DISEÑO BASADO EN SIMULACIÓN	87
IV.1. ARQUITECTURA DEL SISTEMA	87
IV.1.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución	87
IV.1.2. Arquitectura y modelo propuestos.....	90
Arquitectura funcional.....	90
Espacios de trabajo.....	92
Arquitectura física	94
Modelo semiestructurado de interacción.....	95
Protocolo de Colaboración	96
Estructuración Flexible	97
El Lenguaje como Acción	98
IV.1.3. Aspectos de funcionamiento	99
Aspectos tecnológicos	100
Aspectos organizativos.....	101
Aspectos colaborativos.....	102
Aspectos del dominio	103
IV.2. SUBSISTEMA GESTOR DE ACTIVIDADES	103
IV.2.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución	104
IV.2.2. Problemas de diseño.....	104
IV.2.3. Alumnos, profesores y grupos	109
IV.2.4. Propuesta de actividades y sesiones de aprendizaje.....	111
IV.2.5. Información de simulación	113

IV.3. SUBSISTEMA DE COMUNICACIÓN Y COORDINACIÓN.....	114
IV.3.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución	114
IV.3.2. Herramientas generales.....	115
Correo Electrónico.....	115
Chat.....	117
Agenda de Sesiones	118
IV.3.3. Herramientas específicas.....	119
Herramienta de Toma de Decisiones.....	119
Chat Dirigido	123
IV.4. SUBSISTEMA DE DISEÑO Y SIMULACIÓN.....	126
IV.4.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución	126
IV.4.2. Planificación del diseño.....	129
IV.4.3. Protocolo de resolución de problemas de diseño.....	130
IV.4.4. Navegación a través de los diferentes subespacios	131
IV.4.5. Subespacio de Diseño	133
El problema	133
El Diseño	134
Diseño mediante manipulación directa colaborativa.....	136
Integración del diseño individual	140
Técnicas de awareness.....	141
Modelo Estructural del Diseño	146
IV.4.6. Subespacio de Reparto de Tareas.....	146
Criterio de reparto.....	148
Asignación de tareas	149
Modelo Estructural del Reparto de Tareas	149
IV.4.7. Subespacio de Parametrización.....	150
Parametrización Basada en Propuestas	152
Parametrización Democrática.....	152
Modelo Estructural de la Parametrización.....	154
IV.4.8. Subespacios de Casos e Hipótesis y Simulación	154
Casos e hipótesis de simulación	157
Simulación colaborativa	160
Modelo Estructural de la Simulación	162
IV.4.9. Asistencia durante el proceso de diseño.....	163
IV.5. SUBSISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y ANÁLISIS DE ACTIVIDADES.....	165
IV.5.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución	165
IV.5.2. Trazas como base para el análisis de experiencias.....	169
IV.5.3. Análisis del proceso.....	171
Análisis cuantitativo	172
Visualización textual	172
Visualización tabular	172
Visualización gráfica	176
Análisis cualitativo	177
Variables calculadas	177
Variables subjetivas.....	179
Variables inferidas.....	181
Procedimiento de inferencia difusa	181
Reglas de inferencia.....	183
Algoritmo global de análisis del proceso	185
IV.5.4. Análisis de la solución	187

Análisis cuantitativo	187
Análisis cualitativo	187
Variables de entrada	188
Variables de salida	189
Algoritmo global de análisis de la solución	190
IV.5.5. <i>Análisis global proceso-solución</i>	190
IV.5.6. <i>Estudio de la influencia del proceso en la solución</i>	191
IV.6. COMPARACIÓN CON OTROS ENTORNOS	193
IV.6.1. <i>DomoSim-TPC como herramienta de CSCW/Groupware</i>	193
IV.6.2. <i>DomoSim-TPC como herramienta de CSCL</i>	199
IV.6.3. <i>DomoSim-TPC como herramienta de SCC</i>	200
IV.7. RESULTADOS	202
IV.7.1. <i>Subsistema Gestor de Actividades</i>	204
IV.7.2. <i>Subsistema de Comunicación y Coordinación</i>	205
IV.7.3. <i>Subsistema de Diseño y Simulación</i>	206
IV.7.4. <i>Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades</i>	208
CAPÍTULO V. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	211
V.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ESTRATEGIA DE RESOLUCIÓN	211
V.2. ARQUITECTURA FÍSICA DETALLADA	213
V.3. GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES	215
V.3.1. <i>Técnicas de sincronización</i>	215
Sockets como mecanismo de sincronización	215
Servidor de Comunicaciones Multiproceso	216
Receptor	217
Coordinador	217
Servidor de Votación	218
Servidor de Simulación	218
V.3.2. <i>Tramas de datos</i>	218
Comunicación y coordinación	219
Toma de decisiones	219
Reparto de tareas	220
Parametrización	220
Diseño	220
Simulación	220
V.4. CONFIGURACIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA	221
V.5. RESULTADOS OBTENIDOS	221
CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN DEL SISTEMA Y EXPERIENCIAS	223
VI.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ESTRATEGIA DE RESOLUCIÓN	223
VI.2. DESARROLLO DEL SISTEMA	224
VI.2.1. <i>Horizonte temporal</i>	225
VI.2.2. <i>Prototipos</i>	226
Primer prototipo	226
Segundo prototipo	226
Tercer prototipo	228
Sistema final	229
VI.3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA	229
VI.3.1. <i>Evaluación Formativa</i>	230
VI.3.2. <i>Evaluación Heurística</i>	230

VI.4. EXPERIENCIAS	233
VI.4.1. <i>Experiencia EXP</i>	234
VI.4.2. <i>Experiencia CHI</i>	235
VI.4.3. <i>Experiencia IU</i>	237
Estudio de la usabilidad.....	238
VI.4.4. <i>Experiencia FP</i>	240
Estudio de las actividades.....	242
Estudio del post-test	244
VI.4.5. <i>Conclusiones</i>	246
VI.5. RESULTADOS OBTENIDOS	247
CONCLUSIONES	251
1. CONCLUSIONES	251
<i>Perspectiva social y pedagógica</i>	251
<i>Perspectiva tecnológica</i>	253
Subsistema Gestor de Actividades	254
Subsistema de Comunicación y Coordinación	255
Subsistema de Diseño y Simulación.....	255
Subespacio de Diseño	256
Subespacio de Reparto de Tareas	256
Subespacio de Parametrización	257
Subespacio de Casos e Hipótesis.....	257
Subespacio de Simulación.....	257
Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades.....	258
<i>Perspectiva experimental</i>	258
<i>Perspectiva de transferencia de conocimiento</i>	260
2. VENTAJAS FRENTE A OTRAS PROPUESTAS	260
3. LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO	262
BIBLIOGRAFÍA	265
APÉNDICES	281
1. FIGURAS	281
2. TABLAS	285
3. ACRÓNIMOS.....	287
4. GLOSARIO DE TÉRMINOS	289
5. CUESTIONARIOS DE EVALUACIÓN	290
5.1. <i>Cuestionario de evaluación para la experiencia CHI</i>	290
5.2. <i>Cuestionarios de evaluación para la experiencia IU</i>	291
5.3. <i>Cuestionario de evaluación para la experiencia FP</i>	293
6. TRAMAS DE DATOS	294
6.1. <i>Comunicación y coordinación</i>	294
6.2. <i>Toma de decisiones</i>	295
6.3. <i>Reparto de tareas</i>	296
6.4. <i>Parametrización</i>	297
6.5. <i>Diseño</i>	298
6.6. <i>Simulación</i>	301
6.7. <i>Símbolos</i>	306
7. MANUAL DE USUARIO DE DOMOSIM-TPC	308
7.1. <i>El entorno DomoSim-TPC</i>	308
7.2. <i>Instalación y configuración</i>	309

<i>7.3. Identificación y acceso</i>	<i>311</i>
<i>7.4. Organización de las herramientas</i>	<i>311</i>
<i>7.5. Herramientas de coordinación.....</i>	<i>312</i>
<i>7.6. Diseño.....</i>	<i>315</i>
<i>7.7 Herramientas de gestión y análisis</i>	<i>336</i>

Capítulo I. Introducción

I.1. Introducción

Las Tecnologías de la Información están ofreciendo mejoras significativas en el campo de la educación. Al mismo tiempo, la investigación en Aprendizaje Colaborativo muestra que estos nuevos conceptos acumulan efectos positivos en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en los aprendices. Estos métodos se caracterizan porque los alumnos aprenden en un proceso en el que se proponen y comparten argumentos y se reflexiona sobre los argumentos propios y los de los compañeros.

Actualmente, el paradigma que explora cómo la tecnología puede facilitar el aprendizaje colaborativo es el CSCL¹. Este área, que está siendo foco de numerosas investigaciones, propone el uso de la tecnología como herramienta que media en los procesos de aprendizaje. La principal problemática de los entornos de CSCL es definir modelos efectivos y construir software flexible, portable y adaptado a diferentes situaciones. Su desarrollo supone un alto coste, debido a la complejidad del software y a las dificultades técnicas en materia de comunicación. Además de estos aspectos técnicos, se requiere estudiar el contexto social dentro del cual se produce el aprendizaje.

En el CSCL se utilizan métodos activos como el Aprendizaje Basado en Problemas (*Problem Based Learning*), cuya validez ha sido contrastada, principalmente en situaciones de aprendizaje en el aula, y que aplicaremos al aprendizaje a distancia. Igualmente se utilizan otros métodos como el Aprendizaje Basado en Proyectos (*Project Based Learning*), el Aprendizaje Mediante Diseño (*Learning by Design*) y el Aprendizaje Practicando (*Learning by Doing*).

La tecnología va a ofrecer la gestión y organización de información necesaria para facilitar el trabajo en grupo dirigido al aprendizaje, permitiendo configurar, supervisar, analizar y monitorizar los procesos de trabajo, no siendo únicamente el soporte de la comunicación. En los últimos años se han propuesto una gran variedad de entornos, junto con una serie de herramientas cognitivas y soporte para la estructuración del proceso de aprendizaje. Pero la introducción de estas tecnologías tiene que vencer la dificultad de ofrecer ventajas específicas y reales. Cuando esta dificultad se supera, se obtiene un apoyo efectivo al trabajo y una mayor facilidad para la coordinación de los participantes.

La colaboración entre personas también se produce en situaciones de trabajo. En este sentido el CSCW² describe la investigación y el *Groupware* la tecnología en el campo de los Sistemas Cooperativos. Hemos planteado una investigación aplicada en la que se combine tanto trabajo teórico como trabajo experimental, para acercar la tecnología al usuario, centrándonos en el paradigma del CSCL y en el CSCW. Se han definido modelos y arquitecturas para formalizar y desarrollar productos informáticos que permitan proponer

¹ CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning): Soporte Informático para Aprendizaje Colaborativo.

² CSCW (Computer-Supported Cooperative Work): Soporte Informático para Trabajo Cooperativo.

mejoras y nuevos métodos en las formas de enseñar y aprender, y que sean también extensibles a las formas de trabajar. En los diferentes niveles educativos existen materias en las que el diseño juega un papel importante. Se trata de que los alumnos adquieran unos conocimientos que permitan la realización de tareas que dan lugar a la construcción, mediante un proceso de diseño, de un determinado artefacto o escenario. Este tipo de situaciones, en las que el aprendizaje se va a producir durante la resolución de problemas de diseño complejos, son las que hemos abordado.

I.2. Motivación

Desde el punto de vista de la Inteligencia Artificial, la colaboración forma parte del comportamiento inteligente (Grosz, 1996). La forma en que las personas realizamos todos y cada uno de los proyectos de nuestra vida es el trabajo en común. Por tanto, es lógico que la resolución de un problema complejo se tienda a abordar en grupo.

El Aprendizaje Colaborativo se viene aplicando en las aulas desde los años 70, aunque la mayoría de los estudios teóricos relacionados con esta disciplina datan de los 80 (Slavin, 1983). Numerosos autores indican que los estudiantes aprenden cuando tienen que explicar, justificar o argumentar sus ideas a otros. En palabras de Vygotsky (1978), “en un escenario colaborativo, los estudiantes intercambian sus ideas para coordinarse en la consecución de unos objetivos compartidos. Cuando surgen dilemas en el trabajo, la combinación de su actividad con la comunicación es lo que conduce al aprendizaje”.

Como expone Barros (1999), para que exista una colaboración efectiva en procesos de grupo, los integrantes tienen que desarrollar y adquirir el uso efectivo de las competencias y habilidades del trabajo en grupo: establecer formas de funcionamiento, adoptar criterios para determinar y aceptar soluciones, generar soluciones alternativas, explicar, justificar y evaluar soluciones, entre otras. Según Repenning et al (1998), los ordenadores proporcionan simultáneamente oportunidades para aprender cómo comunicarse y también para permitir que la comunicación mejore las experiencias de aprendizaje. El soporte tecnológico que pueden ofrecer los sistemas de CSCL abarca funciones para mejorar el acceso a la información o mediar en su intercambio, mecanismos de ayuda a la toma de decisiones y que facilitan la comunicación, y la organización y gestión del conocimiento y la estructura de las tareas que se van a realizar (Collis & Smith, 1997). Se requieren sistemas que den soluciones a problemas asociados a objetivos pedagógicos, a su vez relacionados con destrezas sociales y cognitivas.

Además del reto tecnológico que suponen los sistemas para trabajo y aprendizaje en grupo a distancia, es de gran importancia su aceptación social, por lo que han de ser diseñados de acuerdo con los requerimientos del usuario. Según Greenberg et al (1993), el diseño e implementación de un sistema distribuido que soporte colaboración en tiempo real debe tratar los aspectos humanos relativos a cómo colaboran las personas y también los aspectos técnicos, que presentan dificultades importantes. El alumno tiene que sentirse cómodo trabajando en un entorno que favorezca la comunicación y el intercambio de ideas, así como la visualización del trabajo realizado por los compañeros. Por esto, las funcionalidades de los sistemas y las características de las interfaces deben diseñarse de manera iterativa utilizando una metodología de diseño incremental basada en la interacción continua con los usuarios.

Existen algunas propuestas de entornos colaborativos de diseño o de aprendizaje del diseño, como SCOPE (Miao & Haake, 1998a), el Área de Discusión del Diseño (Kolodner & Nagel, 1999) y DOLPHIN (DOLPHIN). Unos presentan pizarras electrónicas que permiten encuentros cara a cara entre estudiantes con altas posibilidades de interacción, pero no estructuran esta interacción ni ofrecen mecanismos de coordinación y discusión, y otros no aportan la interacción síncrona necesaria en el diseño. Actualmente, la mayoría de entornos de aprendizaje consisten en materiales de enseñanza, grupos de noticias, correo electrónico y chats para que los aprendices discutan sus ideas y otras herramientas como pizarras compartidas o navegadores web compartidos. Nuestro objetivo es responder a la necesidad de mejorar la situación de aprendizaje en dominios complejos, desde una perspectiva realista y centrada en el aprendiz.

Por otro lado, la simulación es una forma de abordar el estudio de cualquier sistema susceptible de poder contar con un modelo de comportamiento previamente diseñado. En este sentido puede verse como un mecanismo para validar diseños y descubrir las leyes que rigen el comportamiento de los modelos. La aparición del ordenador ha hecho que esta técnica pueda apoyarse en una herramienta que permita la modelización y simulación de problemas complejos que pueden aplicarse a muy diversos campos de la Ingeniería, las Ciencias, la Economía, la Estadística, la Sociología, etc. La simulación sirve como estímulo y recurso para provocar conversaciones y discusiones mediante las que los aprendices, individualmente y en grupo, construyen su propio conocimiento. En 1997 (Shaw, 1997) un comité de asesores científicos presentó al presidente de los Estados Unidos una lista de las aplicaciones constructivistas más prometedoras y las simulaciones estaban a la cabeza, lo que da una idea de la importancia de esta disciplina. Hay que tener presente que cuando nos enfrentamos a dominios que requieren de la simulación, la actividad colaborativa es casi siempre necesaria (Kafai & Ching, 1998) para afrontar la resolución de problemas de diseño complejos.

Existen propuestas que incluyen la simulación en entornos de aprendizaje colaborativo. SIMPLE (Plaisant et al, 1999) y LESP³ ofrecen a los alumnos la simulación individual de modelos y mecanismos de argumentación y discusión en grupo sobre el resultado de las simulaciones. SESAM (Schneider & Nakakoji, 1995) y ERCIS (Berglund & Eriksson, 1999) simulan una situación real en la que los usuarios juegan un papel; al hacerlo aprenden.

En general, observamos que los entornos colaborativos de enseñanza basados en simulación presentan algunas carencias. Entre ellas las más importantes son las siguientes:

- No se apoyan en métodos instruccionales que han probado su eficacia en situaciones similares.
- Simulan una situación estática, es decir, el modelo simulado es fijo o no puede ser modificado por los aprendices.
- La simulación se ejecuta local o individualmente, no pudiéndose seguir una misma simulación desde diferentes localizaciones.
- No hay una adecuada estructuración de las tareas a realizar.
- No ofrecen un conjunto adecuado de herramientas de autor para la generación de contenidos.
- No incluyen herramientas adecuadas de análisis y de seguimiento de los procesos.
- Las herramientas colaborativas de soporte son insuficientes.

³ <http://www.uni-essen.de/chemiedidaktik/LESP/bestellen.html>

En respuesta a estas expectativas nos hemos planteado un entorno de aprendizaje del diseño domótico (Ruiz et al, 1995, Molina & Ruiz, 1999) para enseñanza a distancia, que permita construir modelos y validarlos mediante simulación, y con soporte colaborativo para lograr beneficios cognitivos adicionales, de acuerdo a los principios del CSCL (Koschmann, 1996). Partimos de métodos instruccionales como el Aprendizaje Basado en Problemas (Barrows, 1994) y el Aprendizaje Mediante Diseño (Kolodner, 1997).

Por otra parte, también queremos contribuir a un mejor entendimiento de cómo la simbiosis simulación-colaboración puede ser utilizada de manera positiva en la enseñanza. En relación con la simulación, la creación y manipulación de modelos por los aprendices se está reconociendo cada vez más como una técnica positiva dentro de los entornos de aprendizaje constructivos (Löhner & van Joolingen, 2001). A pesar de la complejidad técnica de su realización, la interpretación y razonamiento sobre los modelos que se diseñan y se simulan es más fácil si éstos se representan gráficamente, reduciendo la carga cognitiva que supone seguir la simulación mental.

Aunque las herramientas de CSCL asíncronas acumulan una serie de ventajas, entre las que se encuentra el carácter más reflexivo de las aportaciones, apostamos por la colaboración síncrona, cada vez más fácil de lograr gracias a los avances tecnológicos hardware y software, y que de acuerdo con Newman et al (1997) vence la ausencia de inmediatez de la conferencia asíncrona, facilitando la aparición de ideas espontáneas e impulsando la experiencia personal. Además, según este autor, aumenta la motivación de los participantes en el desarrollo de tareas eliminando el aislamiento que genera la colaboración asíncrona en este tipo de sistemas. Según Bonk & King (1998), hay diferencias de formato y de ejecución en el tiempo que no hacen comparables la comunicación asíncrona y la síncrona. La primera ofrece discusiones más serias y elaboradas, mientras que la segunda alienta una atención al contenido y breves y frecuentes respuestas de los estudiantes. Es interesante intercalar fases de trabajo de ambos tipos para dar ritmo al trabajo de los participantes. En esta línea se pronuncia Cooney (1998), que indica que los entornos síncronos proporcionan a los profesores y alumnos un foro para un intercambio de ideas inmediato y dinámico; este intercambio en tiempo real puede ser un excitante atractivo para los entornos colaborativos de aprendizaje.

Resumiendo, pensamos que integrar mecanismos de compartición de información con sincronización de actividades es un enfoque necesario y beneficioso para entornos de aprendizaje y trabajo colaborativo a distancia. Con nuestro planteamiento nos proponemos aunar las ventajas de los entornos que incorporan mecanismos de argumentación estructurados con las ventajas de los entornos que permiten el trabajo libre sobre una superficie compartida. Consideramos que hay una gran carencia de aplicaciones de simulación para el aprendizaje basadas en la interacción síncrona entre los aprendices y que existe la necesidad de elaboración de herramientas para facilitar que los profesores participen en formas colaborativas de instrucción. Por todo ello, nuestra investigación debe plasmarse en un entorno de aprendizaje que suponga una solución completa y ofrezca un amplio conjunto de herramientas que funcione sobre tecnología WWW. Ésta proporciona un marco que fusiona tecnologías existentes con tecnologías nuevas para soportar colaboración en tiempo real. Aunque actualmente existen problemas de retardo y de ancho de banda, no dudamos que se irán solucionando con el tiempo.

I.3. Objetivos

El principal objetivo de la investigación efectuada en esta tesis doctoral es el siguiente:

Proponer una arquitectura y un modelo de interacción síncrona para sistemas de aprendizaje colaborativo de dominios de diseño mediante simulación, y desarrollar un entorno colaborativo aplicado a un caso concreto y utilizarlo en situaciones reales de aprendizaje en grupo y a distancia para la obtención de datos analíticos sobre este proceso, demostrando los beneficios del aprendizaje colaborativo en estas situaciones.

Este objetivo general se concreta en diferentes objetivos específicos que se describen a continuación desde cuatro perspectivas distintas.

Perspectiva social y pedagógica

1. Capturar la dimensión social del aprendizaje y del trabajo en grupo, cuando se realizan en el mismo momento y en diferente lugar, reflejarla y facilitarla mediante un entorno informático de aprendizaje colaborativo a distancia. Para ello se modelarán aspectos relativos a la coordinación, la comunicación, la toma de decisiones, la realización de tareas complejas y la organización de actividades de aprendizaje en grupo.
2. Implantar y motivar la integración de las nuevas tecnologías en procesos de aprendizaje colaborativo de materias que hagan uso del diseño y se beneficien de las ventajas pedagógicas de la simulación, incluyendo, de este modo, al ordenador en situaciones de aprendizaje (en grupo y a distancia) para aportar mejoras en este proceso.
3. Utilizar principios metodológicos contrastados de educación, como el Constructivismo, y estrategias de colaboración y métodos de instrucción aplicados en situaciones de CSCL, como el Aprendizaje Basado en Problemas y el Aprendizaje Mediante Diseño.
4. Proponer métodos informáticos de observación, análisis y síntesis para una mejor comprensión de la naturaleza de la colaboración que se efectúa en el aprendizaje y en el trabajo en grupo cuando se realizan en el mismo momento y de forma distribuida.
5. Ofrecer a profesores y alumnos los datos obtenidos en el desarrollo de nuestra investigación para mejorar los procesos de aprendizaje en grupo.

Perspectiva tecnológica

1. Proponer una arquitectura física y lógica para un sistema flexible y configurable de aprendizaje en colaboración síncrona de dominios de diseño mediante simulación.
2. Proponer un modelo de estructuración de las interacciones en entornos de aprendizaje colaborativo del diseño mediante simulación, definiendo un adecuado protocolo de colaboración síncrona y los espacios y subespacios de trabajo asociados.
3. Diseñar un conjunto de herramientas de soporte para las tareas de colaboración síncrona, que engloban la comunicación para la discusión, la toma de decisiones y la coordinación.
4. Proponer las bases de un tipo de simulación que permita a un grupo de alumnos ubicados en diferentes localizaciones simular un mismo modelo en tiempo real, efectuando aprendizaje colaborativo.

5. Diseñar métodos y herramientas de análisis que evalúen las diferencias entre las soluciones a un problema que son construidas individualmente y las efectuadas por un grupo de personas, así como el efecto que tiene en el diseño de una solución el comportamiento colaborativo de los miembros del grupo y las tareas efectuadas.
6. Materializar las ideas anteriores en el diseño e implementación de un entorno informático aplicado al aprendizaje del diseño domótico, que operará bajo el principio de la interoperabilidad (en cualquier sistema operativo y con cualquier base de datos) y podrá ser accesible desde Internet, gracias a la tecnología WWW, para soportar educación a distancia.
7. Diseñar herramientas de autor para la configuración, organización y seguimiento de experiencias de enseñanza con el entorno creado.

Perspectiva experimental

1. Definir y realizar experiencias, presenciales y a distancia, individuales y en grupo, con el sistema diseñado. Para ello se contará con el apoyo de diferentes centros educativos.
2. Recoger datos de las experiencias para, en un proceso de realimentación, mejorar los productos, modelos y arquitecturas propuestos, dando lugar a nuevas versiones en un proceso iterativo de diseño.
3. Analizar los datos obtenidos en las experiencias efectuadas y comprobar qué beneficios pedagógicos se obtienen con el uso de sistemas de aprendizaje colaborativos síncronos frente al aprendizaje individual, y valorar también el efecto que tiene el proceso de colaboración efectuado sobre el resultado obtenido por el grupo.
4. Estudiar el efecto que se produce en la resolución colaborativa de problemas en función de diferentes configuraciones: tipos de problemas, modos de colaboración, nivel de ayuda del sistema, etc.

Perspectiva de transferencia de conocimiento

1. Extender las conclusiones obtenidas y los sistemas diseñados bajo las arquitecturas y modelos propuestos para entornos de CSCL a entornos de CSCW, sentando las bases para futuros desarrollos en este área, en la que el diseño juega un papel protagonista.
2. Poner a disposición de empresas e instituciones que investiguen o trabajen en Domótica las conclusiones y productos obtenidos, con el fin de obtener realimentación para el desarrollo de futuras versiones y ofrecer los beneficios derivados de su uso.
3. Ofrecer a los centros educativos los sistemas desarrollados en el curso de nuestra investigación para la enseñanza/aprendizaje de materias en las que sea de aplicación el diseño y su simulación.

I.4. Marco de trabajo y metodología

El marco de trabajo en el que se inscribe esta investigación queda definido por los proyectos que lleva a cabo el grupo de investigación CHICO⁴ (*Computer Human Interaction and Collaboration*) en colaboración con el grupo de la Dra. M. Felisa Verdejo, relativos fundamentalmente a las disciplinas de la Informática Educativa y los Sistemas Colaborativos.

Anteriormente a la presente investigación se había desarrollado un primer trabajo en materia de aprendizaje individual del diseño domótico mediante una planificación previa (Bravo, 1999a). Este sistema, llamado DomoSim-TP, es el punto de partida del entorno informático desarrollado que aborda el diseño en grupo de modelos y su simulación en tiempo real. Se ha dado forma a todo el proceso de trabajo colaborativo, que engloba la organización de los participantes, el planteamiento de actividades de resolución de problemas, la realización de experiencias y su evaluación y análisis. A este nuevo sistema lo hemos denominado DomoSim-TPC (Simulador Domótico Telemático Planificado Colaborativo).

Paralelamente a esta investigación se ha efectuado otra que versa sobre la planificación colaborativa aplicada al diseño de modelos (Redondo et al, 2000a; Redondo et al, 2000b; Redondo, 2002). Esta planificación persigue la construcción de un esquema del modelo a diseñar mediante la comunicación asíncrona, de manera que se especifican, discuten y organizan los planteamientos generales sobre la solución a un problema de diseño. Esta fase sería anterior a la que aquí se describe, siendo ambas complementarias.

La metodología desarrollada ha tenido en cuenta desde el principio a los usuarios y a los expertos en el dominio, efectuándose un diseño iterativo que se ha traducido en la utilización de prototipos y en la obtención de diferentes versiones. Los productos han sido sometidos a pruebas en entornos reales de experimentación con el fin de evaluar su usabilidad y de obtener datos analíticos que permitan validar las hipótesis de mejora del proceso de aprendizaje y trabajo colaborativo enunciadas. Hemos dotado al entorno de herramientas de análisis de las actividades de aprendizaje, de manera que permitan obtener conclusiones sobre el proceso colaborativo efectuado, el modelo diseñado y, sobre todo, de la influencia del proceso efectuado en la calidad del diseño, entendida ésta como el grado en que se satisfacen los requisitos y se responde al enunciado del problema.

I.5. Organización de la memoria

La presente memoria está estructurada en seis capítulos. El actual realiza una presentación del trabajo efectuado, comenzando por una introducción que describe la situación abordada y una motivación que justifica esta iniciativa; posteriormente se explicitan los objetivos planteados y se muestra el marco en el que se inscribe esta Tesis.

El capítulo II recoge una revisión de trabajos, conocimientos y disciplinas de investigación relacionados con los desarrollos efectuados, lo que comúnmente se conoce

⁴ <http://chico.inf-cr.uclm.es>

como Estado del Arte. Se describen en profundidad el Trabajo Cooperativo, el Aprendizaje Colaborativo y la Simulación, que son los pilares sobre los que se asienta la investigación. Los planteamientos y desarrollos se aplican a un caso de estudio concreto constituido por el dominio de la Domótica. Este campo, de creciente interés, se presenta en el capítulo III.

El capítulo IV es el eje central de esta memoria, debido a que trata de manera global el entorno desarrollado y las técnicas empleadas. Se centra en la descripción del modelo y arquitectura de DomoSim-TPC, que se estructura en diferentes niveles, herramientas y subsistemas. El capítulo se organiza con un primer planteamiento de la arquitectura general del sistema. A continuación se tratan los cuatro subsistemas identificados. El primer subsistema (sección IV.2) es el Gestor de Actividades, encargado de la gestión y organización de la información relativa a las actividades de resolución de problemas. El segundo subsistema (sección IV.3) permite ofrecer servicios de comunicación y coordinación a los usuarios. La sección IV.4 es una sección interesante e importante porque describe el Subsistema de Diseño y Simulación, que es el que aglutina una mayor cantidad de herramientas y constituye el corazón del entorno informático al ser en el que se resuelven los problemas mediante el modelado y simulación siguiendo un determinado protocolo de colaboración. La sección IV.5 se dedica al Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades, que presenta cómo se ha materializado el estudio semiautomático del trabajo efectuado por los usuarios. El capítulo concluye con una comparación del sistema desarrollado con algunos sistemas relevantes (sección IV.6) y con la exposición de los resultados obtenidos en el curso del capítulo (sección IV.7).

El capítulo V se dedica al diseño e implementación del sistema, describiéndose en detalle la arquitectura física y los procedimientos para la gestión de las comunicaciones inherentes a la colaboración síncrona. El capítulo VI recoge información sobre el proceso de desarrollo efectuado y la tarea de prueba y evaluación que se ha seguido en paralelo por parte de los diferentes agentes implicados en este desarrollo. En particular, se describen los prototipos construidos y las experiencias realizadas. Finalmente, en las conclusiones se sintetiza lo presentado en los anteriores capítulos.

Por último, se incluyen las referencias bibliográficas, especificadas siguiendo las normas APA, y algunos apéndices: las figuras y tablas empleadas, una lista de acrónimos, un breve glosario que contiene términos que se han considerado relevantes en esta investigación, los cuestionarios de evaluación empleados, las tramas de datos utilizadas en las comunicaciones y el Manual de Usuario de DomoSim-TPC.

El lector más interesado en los aspectos de enseñanza a distancia o en el CSCL puede centrarse en los capítulos II (secciones II.1 y II.3), IV (todas las secciones) y VI. El lector con más interés en los sistemas de CSCW y en su implementación puede leer los capítulos II (secciones II.1 y II.2), III, IV (secciones IV.1, IV.3, IV.4 y IV.6) y V. Y el lector que desee prestar mayor atención a los aspectos relacionados con la Simulación puede seguir los capítulos II (sección II.4) y IV (secciones IV.1, IV.4 y IV.6).

Capítulo II. Trabajo y Aprendizaje Colaborativo

En este capítulo se describen los fundamentos sobre los que se asienta la investigación efectuada en el desarrollo de esta tesis. Tras distinguir entre los términos colaboración y cooperación, se abordan los sistemas de trabajo cooperativo, tratándose el CSCW⁵ y el *Groupware*. A continuación se estudia el Aprendizaje Colaborativo y el paradigma CSCL⁶, que materializa la utilización de la tecnología informática para la educación. En una tercera parte expondremos las principales características de la Simulación, y la presentaremos a la luz de los procesos colaborativos estudiados. Concluye el capítulo con una explicación de cómo se aplicarán estos fundamentos en el desarrollo de la investigación.

II.1. Colaboración y Cooperación

Ha habido y hay un intenso debate sobre el uso de las palabras *colaboración* y *cooperación* en las áreas de investigación aquí tratadas (Dillenbourg et al, 1996). La mayoría de los científicos utilizan estas palabras indistintamente. Pero, formalmente, la colaboración se entiende distinta de la cooperación. Mientras que el trabajo cooperativo se consume por una división del trabajo entre los participantes, como por ejemplo en un actividad en la que cada participante es responsable de una parte del problema que resuelven, la colaboración conlleva el compromiso de los participantes en un esfuerzo coordinado para resolver un problema juntos (Roschelle & Teasley, 1997). La coordinación y la colaboración no difieren en términos de si la tarea se distribuye o no, sino en función de la manera en que se divide: en la cooperación la tarea es dividida jerárquicamente en subtarefas independientes, y en la colaboración los procesos cognitivos son divididos en capas que se entrelazan. En la cooperación, la coordinación sólo es requerida cuando se ensamblan los resultados parciales, mientras que la colaboración es una actividad coordinada que es el resultado de un intento continuado de construir y mantener una concepción compartida de un problema (Roschelle & Teasley, 1997).

Descritas estas diferencias, utilizaremos los términos Trabajo Cooperativo y Aprendizaje Colaborativo de acuerdo a como lo hace la comunidad científica, pero nos referiremos tanto a un trabajo como a un aprendizaje que entendemos como colaborativos.

⁵ CSCW (Computer-Supported Cooperative Work): Soporte Informático para Trabajo Cooperativo.

⁶ CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning): Soporte Informático para Aprendizaje Colaborativo.

II.2. Trabajo Cooperativo

Aunque los ordenadores están preparados desde hace décadas para compartir información, manejar correo electrónico o conectarse de forma remota a servidores, lo cierto es que la revolución que supuso la llegada de los ordenadores personales ha producido que muchos sistemas computacionales se usen en muchos casos de manera individual. Pero la forma en que las personas realizamos todos y cada uno de los proyectos de nuestra vida es el trabajo en común. El humano es un ser social por naturaleza: vivimos en sociedad y trabajamos en equipo. Es lógico, por tanto, que la resolución de un problema complejo se tienda a abordar de forma cooperativa y que las empresas que disponen de redes de ordenadores estén cada vez más dispuestas a utilizar los sistemas de trabajo en grupo (Ortega & Bravo, 2001).

La cooperación y la colaboración en equipos de trabajo son esenciales para la competitividad y la supervivencia de cualquier organización. A modo de ejemplo, pensemos en la cooperación que surge en los ambientes académicos en todas sus posibles relaciones: alumno-profesor, alumno-alumno o profesor-profesor. En este caso, como en otros, la colaboración entre los distintos agentes mediante redes de ordenadores puede redundar en un mejor aprovechamiento de los recursos y del trabajo desarrollado.

II.2.1. Concepto de CSCW

El término CSCW (*Computer-Supported Cooperative Work*, Soporte Informático para Trabajo Cooperativo) fue acuñado por Irene Grief y Paul Cashman en 1984 para describir cómo la tecnología informática (los ordenadores) puede ayudar a los usuarios a trabajar en grupo. Según Palmer & Fields (1994), este término estudia cómo las personas (empleados de una organización, miembros de un equipo, etc.) trabajan conjuntamente en el desarrollo de un producto, en un concepto, en un área de investigación, etc., con ayuda de ordenadores. El CSCW también se conoce como Colaboración Soportada por Ordenador o, simplemente, como Sistemas Cooperativos.

El CSCW suele verse como la disciplina científica que describe cómo diseñar y desarrollar aplicaciones *groupware*, teniendo también por objeto el estudio teórico y práctico de cómo las personas trabajan en cooperación y cómo afecta el *groupware* al comportamiento del grupo. Es decir, se están utilizando los términos CSCW y *Groupware* para describir el modelado y la tecnología respectivamente.

Para Collis (1993) el CSCW es el resultado de un largo proceso evolutivo de investigación en varios dominios. Según Bannon et al (1988), algunos de estos dominios son los siguientes: Teorías Organizativas, Administración de Empresas, Sistemas de Información, Informática, Ingeniería Industrial, Psicología Cognitiva, Psicología Social, Ergonomía, Lingüística, Comunicaciones, Sociología e, incluso, la Antropología.

Otras definiciones de CSCW son:

- La actividad coordinada asistida por ordenador, como resolver un problema o comunicarse, efectuada por un grupo de colaboradores individuales (Baecker, 1993).
- La disciplina que estudia cómo trabajan los grupos e investiga cómo la tecnología informática puede ayudarles a trabajar (Ellis et al, 1991).

Es importante observar que el término CSCW se refiere tanto al fenómeno (aplicaciones informáticas orientadas al trabajo en grupo) como a la investigación y desarrollo dedicados a estudiarlo. En el CSCW confluyen tanto las tecnologías de la información como el estudio de los grupos, es decir, se produce una intersección entre los intereses técnicos y los sociales (Whitaker, 1996).

II.2.2. Evolución histórica del CSCW

El CSCW y el *Groupware* emergieron en los años 80. Autores como Greenberg y Grudin señalan la primera conferencia de CSCW, que se celebró en Austin, Texas, en 1986, como el origen de esta disciplina (Crow et al, 1996). En ella se trataron los aspectos técnicos, sociológicos, antropológicos y políticos que intervienen en el desarrollo y utilización de las nuevas tecnologías en el trabajo. Algunas de estas tecnologías incluyen el correo electrónico, los sistemas de flujos de trabajo, la videoconferencia, los sistemas de soporte a la decisión y la colaboración sobre la Web. De la misma manera que la Interacción Persona-Ordenador (*Human Computer Interaction*, HCI) se convirtió en disciplina científica en 1981 en la conferencia en Gaithersburg, lo mismo ocurrió con el CSCW en 1986.

La primera aproximación al soporte para grupos fue la Automatización de Oficinas (Grudin, 1994), que surge como un intento por extender e integrar las aplicaciones monousuario para que soporten el trabajo de los grupos y departamentos. A mediados de los años 70 la Ingeniería del Software y la Automatización de Oficinas empiezan a estudiar el soporte informático para la utilización por parte de grandes grupos de trabajadores y el desarrollo de proyectos. Los primeros sistemas de información que se emplearon se dirigieron a ofrecer un acceso común a la documentación de trabajo. Es entonces cuando se empieza a aplicar la tecnología al trabajo en grupo. Pero la utilización de la tecnología no era suficiente, sino que era preciso comprender los requerimientos de los usuarios y considerar los aspectos sociales de la colaboración entre personas.

A finales de los 70 y principios de los 80 se presentaban diferentes trabajos relativos a este campo en la Sociedad de Factores Humanos de IEEE y en el Grupo de Interés Especial en Interacción Persona-Ordenador de ACM. En los 80 surgen los Sistemas de Soporte a la Decisión en Grupo (*Group Decision-Support Systems*, GDSS) y los Sistemas de Soporte a la Comunicación en Grupo (*Group Communication-Support Systems*, GCSS), precursores de los sistemas *groupware* actuales. Es entonces cuando surge el CSCW, con conferencias que se van alternando entre Norteamérica y Europa desde 1986. Las conferencias en los Estados Unidos enfatizan el soporte a pequeños grupos. En Japón el CSCW surge inicialmente desde el campo de la Interacción Persona-Ordenador, lo que explica el interés también en aplicaciones para pequeños grupos. Mientras que la investigación en Europa, por contra, se centra en el estudio de las organizaciones y de grandes proyectos.

Desde ese momento el CSCW surge como un esfuerzo de los técnicos por aprender de los economistas, psicólogos sociales, antropólogos, estudiosos de las organizaciones, educadores y cualquiera que tenga interés en las actividades de grupo. Las aplicaciones típicas que se desarrollan son los sistemas de videoconferencia, las aplicaciones de autor colaborativas, el correo electrónico, los espacios de reunión electrónica, los sistemas de soporte para grupos, etc. Otras áreas de investigación relacionadas o que se pueden beneficiar del CSCW son el CAD/CAM, las herramientas CASE, la Ingeniería

Concurrente, los sistemas de flujos de trabajo, el Aprendizaje a Distancia, la Telemedicina, las conferencias en tiempo real, etc.

Como en muchos otros aspectos de la informática moderna, Engelbart (1963, 1982) tuvo una visión pionera del CSCW: la mejora de la inteligencia humana mediante la colaboración formal mediada y facilitada por la tecnología. A mediados de los 60, en el evento *Augmented Knowledge Workshop*, mostró el uso del hipertexto y de documentos estructurados jerárquicamente que eran accedidos desde espacios de trabajo compartidos y discutidos mediante canales de audio y vídeo (Engelbart & English, 1968; Engelbart, 1984).

Las dos líneas específicas de trabajo que han establecido los fundamentos de la investigación y desarrollo en CSCW y en *Groupware* son las propias tecnologías de la información y la orientación social y organizativa del trabajo. El primer elemento se refiere a la utilización de la tecnología para el trabajo en equipo, y fue estudiado principalmente por Doug Engelbart. El segundo pilar se centra en una aproximación socio-tecnológica para el trabajo en equipo, y se basa en la gestión científica de éste promulgada por Taylor (1911), pionero de la Teoría de las Organizaciones, que fue el primero en considerar las líneas de producción de las fábricas en términos de principios científicos para su gestión.

Herb Krasner, organizador de la conferencia CSCW'86, ofreció en la presentación de este evento una breve visión del espectro de los diferentes tipos de CSCW (Krasner, 1986):

- El grupo efectúa diferentes tipos de trabajos:
 - Autoría.
 - Investigación.
 - Diseño.
 - Trabajo de oficina.
- Existen diferentes modos de cooperación en función de aspectos como:
 - Tamaño del grupo.
 - Organización del grupo.
 - Nivel de sinergia.
 - Patrones de comunicación.
 - Tiempo (tiempo real o comunicación diferida).
 - Restricciones de espacio en la interacción entre los miembros del grupo.
- Se utilizan diferentes tipos de soportes informáticos:
 - Pasivos o activos.
 - Según el grado de inteligencia que tienen.
 - Según el nivel de ayuda que ofrecen.

Para profundizar en el origen, desarrollo y otras cuestiones relativas al CSCW pueden consultarse Baecker (1993), Marca & Bock (1992), Greenberg (1991), Greif (1988), Olson (1989) y Johansen (1988).

El CSCW ha cambiado desde su nacimiento. Es una disciplina madura, con reconocidos expertos, escuelas de pensamiento, una amplia literatura, etc. Actualmente el interés de los investigadores se encuentra en el diseño y evaluación de nuevas tecnologías que soporten los procesos sociales de trabajo, a menudo entre colaboradores distantes. Están surgiendo nuevos paradigmas e ideas procedentes de psicólogos, sociólogos y antropólogos (Vaske & Grantham, 1990; Sproull & Kiesler, 1991). Los implementadores y las empresas se están desplazando a la comercialización de productos orientados a equipos de trabajo, es decir, de *groupware* (Baecker, 1993). Para los educadores el movimiento hacia teorías de aprendizaje basadas en la construcción social se está alimentando de la

WWW y de herramientas y técnicas de aplicación en el aula (Hiltz, 1994; Harasim et al, 1995; Shneiderman et al, 1995).

Crow et al (1996) hicieron una entrevista a Greenberg, Grudin y Rogers, tres investigadores relevantes en el campo del CSCW, sobre diferentes aspectos de esta disciplina. En relación al tipo de trabajo que pueden soportar los sistemas de CSCW actuales, Greenberg indica que el CSCW soportará cualquier tarea que las personas puedan efectuar con ordenadores. Aunque esto parece excesivamente optimista, hay que tener en cuenta que el trabajo es algo social. La mayoría del tiempo el trabajo es un flujo constante de actividad individual y colaborativa, que fluye a lo largo de esfuerzos personales, tareas coordinadas, discusiones y la colaboración más completa. Lo que sí es cierto es que todavía es muy costoso colaborar mediante el ordenador debido a las restricciones que impone la tecnología, los diseños inadecuados de la interfaz, que debe ser multiusuario, el bajo grado de integración entre el software convencional y el *groupware* y las dificultades técnicas (control de concurrencia, coordinación y comunicación en el grupo). En la misma línea se pronuncia Grudin, que piensa que la tecnología informática puede potencialmente soportar la mayoría de las tareas, de la misma manera que la electricidad posibilita la mayoría de las actividades. Rogers y otros autores no ven el futuro tan claro y piensan que, a pesar del éxito del correo electrónico y de la Web, que se utilizan en casi todos los entornos de trabajo, es difícil predecir en otros tipos de situaciones cómo los sistemas de CSCW podrán o no podrán soportar las diferentes prácticas de trabajo.

II.2.3. Groupware

Muchos pioneros en Interacción Persona-Ordenador (*Human Computer Interaction*, HCI) consideraron las capacidades *groupware* como una parte fundamental de los sistemas que visionaron en épocas anteriores (Bush, 45; Engelbart & English, 1968). El término *groupware* se utiliza para denotar los productos y aplicaciones que soportan y mejoran el trabajo en grupo, aunque no es globalmente aceptado. Fue acuñado por Johnson-Lenz & Johnson-Lenz (Johnson-Lenz & Johnson-Lenz, 1981) para referirse al proceso de trabajo en grupo que tiende a un objetivo específico y al conjunto de aplicaciones concebidas para facilitar este trabajo en grupo (Hiltz & Turoff, 1992). Este término procede de la unión de dos palabras como puede verse en la definición original de estos autores:

“GROUPWARE = intentional GROUP proceses and procedures to achieve specific purposes + softWARE tools designed to support and facilitate the group’s work”

Otras definiciones de *groupware* son las siguientes:

- Sistema de herramientas lógicas para facilitar la cooperación de las personas en el trabajo.
- Colaboración asistida por ordenador que aumenta el rendimiento o la funcionalidad de los procesos de comunicación interpersonales (Coleman, 1992).
- Software que ayuda a los grupos de personas a comunicarse electrónicamente (Goldberg, 1994).

Al pasar los años el alcance del término ha ido circunscribiéndose cada vez más a los aspectos técnicos y a las herramientas informáticas. De este modo la definición típica de *groupware* es la de Ellis et al (1991): sistema informático que facilita a los grupos de personas la realización de una tarea u objetivo común y proporciona una interfaz para un entorno compartido.

Suele expresarse que el *groupware* sirve para aumentar la eficacia en tres niveles: comunicación, coordinación y cooperación. Sin estos niveles ningún grupo de personas puede prosperar en su trabajo. De hecho otra definición de *groupware* expresa que éste es un conjunto de métodos, medios y herramientas que permiten a un grupo mejorar en estos tres apartados (Saadoun, 1997). La comunicación es el proceso de intercambio de mensajes en las organizaciones. La coordinación es un conjunto de mecanismos del grupo u organización utilizados para establecer un enlace coherente entre las actividades de cada subunidad. La cooperación, por último, es la participación intencionada y coordinada de los miembros de un grupo. Según Medélez (2001), los principales factores que intervienen para que sea posible una comunicación, cooperación y colaboración efectivas son: sincronía, coordinación, tareas comunes, negociación y distancia y tamaño del grupo. Algunos autores, como Orfali et al (1996), consideran que el *groupware* debe contener cinco tecnologías como mínimo: administración de documentos multimedia, flujos de trabajo automatizado (*workflow*), correo electrónico, conferencia electrónica y agenda electrónica.

El análisis de los Sistemas Cooperativos puede efectuarse en términos de los objetivos y tareas de los participantes. Desde ese punto de vista algunos tipos de sistemas *groupware* son los siguientes (Shneiderman, 1998a):

- Cooperación enfocada en los participantes: En este caso existe normalmente un documento o producto sobre el que trabajan los participantes. Se utiliza correo electrónico, voz o vídeo y teléfono.
- Lectura o demostración: Las personas comparten información desde sitios diferentes.
- Conferencias: Permiten a varios usuarios comunicarse al mismo o en diferente momento.
- Procesos de trabajo estructurado: Los usuarios presentan distintos roles y han de realizar un trabajo conjunto.
- Comercio electrónico: En este caso la interacción es de corto tiempo o de largo tiempo con negociación.
- Sistemas de soporte a la reunión y a la decisión: Se trata de una reunión cara a cara con cada usuario en un terminal. Existen ventanas privadas y públicas que permiten la interrelación entre participantes.
- Teledemocracia: Permite realizar reuniones con sistemas de votación.

El desarrollo de *groupware* es complejo y requiere de conocimientos tanto en diferentes campos de la computación como en otras disciplinas tales como la Sociología, Psicología Social, Teoría de las Organizaciones y la Antropología entre otras (Ellis et al, 1991). En el campo de las ciencias computacionales las disciplinas que aportan conocimientos útiles para el desarrollo de *groupware* son (Baecker, 1993):

- Interacción Persona-Ordenador.
- Redes y Comunicaciones.
- Sistemas Operativos y Bases de Datos Distribuidas.
- Tecnologías de audio y vídeo (multimedia).
- Inteligencia Artificial.

Es interesante la identificación de tres generaciones en los productos *groupware* (Khoshafian & Buckiewicz, 1995). Los sistemas de la primera generación utilizan conceptos de redes, sistemas de almacenamiento y visualización gráfica. El objetivo de estos sistemas es proveer una mejor comunicación y mejorar la productividad de los grupos de trabajo. Permiten un fácil acceso y manejo de la información y ofrecen recursos a través de técnicas de sistemas distribuidos. Los sistemas de la segunda generación

incorporan técnicas de inteligencia artificial para el modelado de agentes. Estos agentes son programas que observan al usuario, se adaptan a él o lo imitan (aprendizaje) y lo apoyan brindándole información relevante y/o sugerencias para mejorar su trabajo en el grupo. Mientras que los sistemas de la primera generación de *groupware* proveen estructuras para el mantenimiento y la actualización de la memoria organizativa, la segunda generación tiene la capacidad de aprender del conocimiento de esta memoria. La siguiente generación marca el futuro del *Groupware*. Se refiere a sistemas que tendrán agentes inteligentes con la facilidad de participar y hacer sugerencias. Estos sistemas evolucionarán rápidamente, siendo implementados utilizando los avances tecnológicos en las áreas de la Inteligencia Artificial, el Reconocimiento de Patrones, la Multimedia, las Redes, las Interfaces de Usuario y la Interacción Persona-Ordenador, entre otras.

II.2.4. Taxonomía de los Sistemas Cooperativos

La taxonomía más utilizada se debe a Johansen et al (1991). Se basa en una clasificación espacio-temporal (tabla II.1) para delimitar las categorías de las aplicaciones. Esta taxonomía se deriva de un modelo de DeSanctis & Gallupe (1987) para categorizar los Sistemas de Soporte a la Decisión en Grupo (GDSS). El esquema de categorización que supone se ha mostrado útil como medio para clasificar los productos *groupware* y para mostrar los tipos de entornos de trabajo relacionados con dichos productos. Esta taxonomía también puede aplicarse a los Sistemas Cooperativos.

Taxonomía Espacio-Temporal	Mismo Tiempo	Diferente Tiempo
Mismo Lugar	Interacción cara a cara	Interacción asíncrona
Diferente Lugar	Interacción distribuida síncrona	Interacción distribuida asíncrona

Tabla II.1. Taxonomía espacio-temporal de los Sistemas Cooperativos.

Ellis et al (1991) piensan que no hay una línea clara que separe los sistemas que se consideran *groupware* y los que no y que, por tanto, es más razonable hablar en términos de un espectro dentro del cual las aplicaciones puedan clasificarse; de esta manera se tendrían sistemas más cercanos o más alejados en el espectro *groupware* (figura II.1). Este espectro se puede instrumentar en dos dimensiones:

- Gestión de tareas en común: Mide el grado con el que los usuarios participan conjuntamente en una actividad dirigida por objetivos.
- Entorno compartido: Mide el grado en el que los colaboradores son situados en un escenario conjunto para la interacción.

De acuerdo con esta apreciación, si un sistema presenta entornos compartidos o gestión de tareas comunes tiene un grado de acercamiento al *groupware* que mejora al hacerse estos dos parámetros más importantes. En la figura II.1 puede apreciarse que los sistemas operativos de tiempo compartido tienen un bajo grado de *groupware* en relación a la gestión de tareas en común, mientras que la metáfora del aula electrónica tiene un alto grado de *groupware* con respecto a la dimensión de entorno compartido.

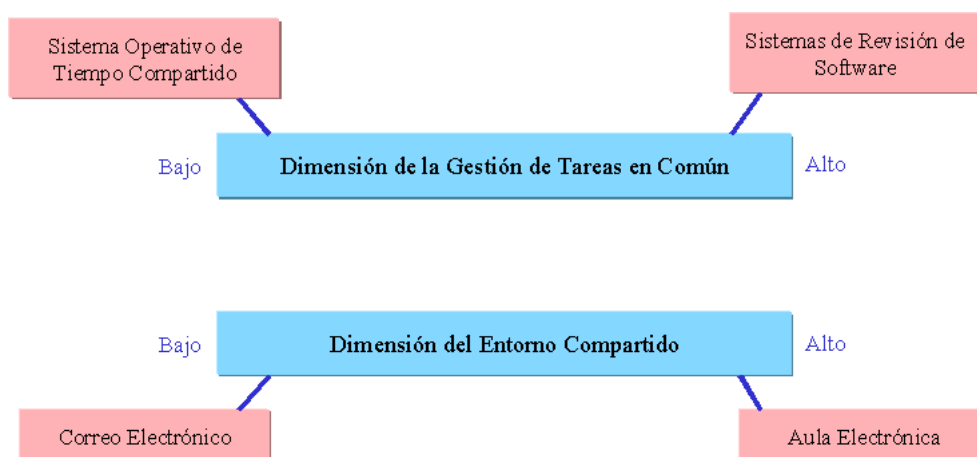


Figura II.1. Las dos dimensiones del groupware según Ellis et al (1991).

Ellis et al (1991) proponen también una taxonomía que clasifica las aplicaciones en niveles de funcionalidad, aunque algunas de estas categorías se solapan. Las clases en las que se pueden dividir las diferentes aplicaciones son:

- Sistemas de mensajes: Apoyan el intercambio de mensajes textuales entre grupos de usuarios.
- Editores multiusuario: Los miembros del grupo construyen conjuntamente un documento. Pueden ser de uso asíncrono o en tiempo real.
- Sistemas de toma de decisiones y salas de reunión electrónicas: Su meta es mejorar la productividad en la toma de decisiones.
- Conferencias por ordenador: Pueden ser conferencias en tiempo real con participación activa, teleconferencias sin participación activa, conferencias de escritorio, etc.

Existen también otras taxonomías como la propuesta por Dyson (1992), que clasifica el *groupware* en función de su objetivo, identificando si la variable que es objeto de atención es el individuo, el documento o el proceso. Una ampliación de la anterior se expresa en el apéndice A del proyecto Delta de la Comunidad Europea 7002 (Delta, 1990), y se basa en determinar el objetivo principal de las actividades del grupo; de esta manera los sistemas pueden ser orientados a formularios, a procedimientos, a la estructura de la comunicación o a modelos conversacionales.

A continuación se describen los tipos de sistemas de acuerdo a la clasificación espacio-temporal.

Interacción cara a cara: Mismo lugar – Mismo tiempo

Este tipo de interacción es la que se produce directamente entre personas que se encuentran en el mismo lugar. Puede hacerse sin que medie la tecnología o utilizándola como soporte. Un ejemplo de interacción del primer tipo sería la coordinación entre controladores aéreos o la compraventa de acciones en la bolsa, y algunos ejemplos del segundo tipo son la utilización de pantallas compartidas para la realización de explicaciones, los sistemas con respuesta de la audiencia, los entornos de conversación y lluvia de ideas y los sistemas de apoyo a la toma de decisiones (GDSS).

Interacción asíncrona: Mismo lugar - Diferente tiempo

La interacción asíncrona realizada en el mismo lugar supone la utilización del mismo ordenador por parte de distintas personas en momentos diferentes. Un ejemplo típico es el desarrollo de un proyecto común (escritura de un texto, diseño de un plano...) por parte de diferentes usuarios en el mismo ordenador. La utilización de un tablón de anuncios es un sistema asíncrono sin la utilización de ordenador. Los contenedores compartidos, los buzones de correo, los sistemas administradores de documentos y las salas de reunión virtual son ejemplos de aplicaciones de esta categoría.

Interacción síncrona distribuida: Diferente lugar – Mismo tiempo

La interacción entre usuarios en diferente lugar pero al mismo tiempo tiene unas posibilidades extraordinarias. El sueño de estar en dos lugares al mismo tiempo se hizo realidad hace décadas con la aparición del teléfono y la televisión. Creemos que estas técnicas se desarrollarán y promocionarán en un futuro próximo, permitiendo que personas distantes entre sí trabajen en tiempo real en el desarrollo de sus actividades. Algunas aplicaciones de este tipo son los editores síncronos distribuidos, los sistemas de charla electrónica, más conocidos como *chats*, la videoconferencia, la compartición de pantallas y de documentos, las pizarras electrónicas, así como, por supuesto, los sistemas diseñados específicamente como el desarrollado en esta investigación.

Interacción asíncrona distribuida: Diferente lugar – Diferente tiempo

La cooperación a través del tiempo y el espacio es uno de los beneficios del uso de la tecnología informática. Sistemas de este tipo serían el correo electrónico, las listas de correo, los grupos de noticias y los sistemas de flujos de trabajo.

II.2.5. Colaboración distribuida en tiempo real y en la WWW

Los sistemas *groupware* de tiempo real son sistemas *groupware* multiusuario en los que las acciones de un usuario tienen que ser rápida o inmediatamente propagadas al resto de usuarios (Ellis & Gibbs, 89). Un ejemplo de este tipo de sistemas son los juegos multijugador, en los que el movimiento de un objeto (ficha, tanque...) provoca una actualización en las pantallas de todos los jugadores.

El desafío planteado por la colaboración distribuida en tiempo real, o del *groupware* para colaboración en tiempo real, tiene que permitir que las personas trabajen conjuntamente en el mismo momento y, por supuesto, incluso cuando todos los participantes y los productos con los que trabajan se encuentren en diferentes localizaciones. Para que esto sea posible el *groupware* y sus componentes deben soportar *telepresencia* y *teledatos* (Greenberg, 2000). Además, el diseño e implementación de sistemas distribuidos para colaboración en tiempo real debe tener en cuenta tanto los factores humanos relativos a la manera en que colaboran las personas en la realización de una tarea como los aspectos técnicos que hacen esto posible.

Galli (2000) enuncia las características que debe reunir un sistema de *groupware* de tiempo real:

- Altamente interactivo: Los tiempos de respuesta deben ser muy cortos.
- Distribuido: En general, no se puede asumir que los participantes estén conectados a la misma máquina o a la misma red de área local.
- Volátil: Los participantes tienen libertad para entrar y salir de las sesiones.
- Espontáneo: Generalmente los participantes no siguen un comportamiento predefinido y no se puede predecir a qué información se accederá.
- Concentrado: Durante una sesión hay un alto grado de conflictos de acceso cuando los participantes trabajan y modifican los mismos datos.
- Canal externo: A menudo los participantes se conectan mediante un canal externo (al sistema informático) como un enlace audio o vídeo.

El objetivo de soportar telepresencia es capturar y transmitir las dinámicas que ocurren entre los participantes que colaboran, tanto las más explícitas como las más sutiles, lo que no es una tarea fácil. En la colaboración y en las conversaciones cara a cara las personas utilizan y se basan en muchos gestos, algunas veces casi imperceptibles, para mediar en sus actividades. Algunos de éstos son las pausas y la entonación de la voz, el lenguaje corporal, los gestos de la mano, el contacto visual, etc. Estos gestos se utilizan para muchos propósitos: saber quién está hablando y quién está escuchando, mediar en el cambio de turno, captar la atención, detectar la caída de las conversaciones y la construcción de un marco común de conocimiento conjunto y de actividades. Clark (1996) proporciona una discusión interesante respecto al papel de estos gestos en el lenguaje rutinario.

Los teledatos aportan a los participantes materiales de trabajo, como notas, documentos, planes, gráficos... así como superficies de trabajo compartidas que permitan a cada uno de ellos hacer anotaciones y dibujar, enunciar, almacenar y distribuir ideas durante el progreso de la sesión de trabajo. En Greenberg et al (1995) pueden consultarse casos de estudio de diseño, implementación y aplicación de sistemas que soportan teledatos.

Dentro de los sistemas de colaboración en tiempo real el aspecto del *awareness*⁷ es de vital importancia. Según Gutwin & Greenberg (1997) este término se refiere a la percepción y conocimiento que tiene un usuario de la interacción que efectúan otras personas dentro de un espacio compartido. Un tipo más concreto de *awareness* es el que se produce en los espacios de trabajo compartidos, por ejemplo en superficies planas sobre las que se sitúan objetos y sobre las que pequeños grupos de personas pueden colaborar. En este caso el usuario interacciona con el espacio de trabajo y con los artefactos que haya en él (Gutwin & Greenberg, 1996). Esto incluye información sobre quiénes están en el espacio de trabajo, dónde están trabajando, qué están haciendo y qué intentan hacer a continuación. El *awareness* reduce el esfuerzo necesario para coordinar tareas y recursos, ayuda a las personas a desplazarse entre actividades individuales y compartidas y permite anticipar las acciones de los demás.

⁷ Preferimos no traducir este término y conservarlo en inglés por no existir en castellano una palabra que exprese todo su significado. Podría traducirse por “percepción de los participantes”.

Para dotar a un sistema de *groupware* de características de *awareness* puede seguirse un proceso en tres etapas:

- Determinar qué necesitan saber los usuarios sobre los demás.
- Considerar qué cantidad de ese conocimiento puede obtenerse de la información disponible en una configuración de *groupware*.
- Determinar cómo presentar esa información para que los usuarios puedan utilizar ese conocimiento de manera fácil y natural.

Los principales mecanismos para mantener el *awareness* son la comunicación, ya sea directa o indirecta, entre los miembros del grupo y la observación de las acciones efectuadas.

Según Ellis et al (1991) existen algunos términos útiles que permiten comparar entre sí y analizar sistemas *groupware*, especialmente cuando quieren ser utilizados en tiempo real. Éstos son los siguientes:

- Contexto compartido: Conjunto de objetos y acciones efectuadas sobre ellos visibles a un conjunto de usuarios.
- Entorno compartido: Es un concepto más amplio que el anterior; un contexto compartido es un subconjunto del entorno compartido.
- Ventana de grupo: Conjunto de ventanas cuyas instancias aparecen en diferentes superficies de visualización.
- Telepuntero: Es un cursor que aparece en más de una pantalla y puede ser movido por diferentes usuarios.
- Vista: Es una representación visual, o multimedia, de una porción de un contexto compartido.
- Interacción síncrona o asíncrona: En la interacción síncrona las personas interaccionan en tiempo real, mientras que en la asíncrona las interacciones se extienden en un periodo de tiempo.
- Sesión: Periodo de tiempo para la interacción síncrona soportado por un sistema *groupware*.
- Rol: Conjunto de privilegios y responsabilidades atribuidas a una persona.

Existen dos alternativas arquitectónicas para construir *groupware* distribuido: centralizada y replicada (Greenberg et al, 1993; Maher & Simoff, 1999). En la aproximación centralizada, un programa denominado Agente Central es el mediador del trabajo distribuido realizado en todas las superficies de dibujo. Cada usuario, en su máquina, ejecuta un proceso participante que recoge las entradas del usuario y se las envía al agente central. Después de procesar esta información el agente comunica a cada participante qué tiene que dibujar en su pantalla. Por tanto, el agente es un gran programa que gestiona a los usuarios y a sus interacciones. Bravo et al (2000a) denominan a este elemento Coordinador y describen una estructura centralizada para una aplicación de diseño domótico. En la aproximación replicada no hay un agente central. En lugar de esto los participantes son responsables de mantener la integridad de la superficie de trabajo. En lugar de pasar información a un agente central, los participantes se comunican directamente unos con otros. Las ventajas y desventajas de ambas aproximaciones se muestran en la tabla II.2. También es posible una aproximación híbrida. Por ejemplo, los procesos participantes podrían utilizar un agente central sólo para la sincronización y para la mediación en los conflictos entre las peticiones de los usuarios. El resto de actividades pueden efectuarse por los procesos participantes.

Aproximación	Ventajas	Desventajas
Centralizada	La sincronización es fácil. La información del estado es consistente porque se encuentra en cada lugar.	Todo el sistema es vulnerable al fallo del agente central. Se puede producir un cuello de botella en la red.
Replicada	El tráfico en la red se reduce porque la comunicación no se realiza mediante un mediador. El sistema es más robusto frente a fallos en la red y en las máquinas.	Es más difícil mantener sincronizadas las superficies de trabajo y las peticiones de los usuarios.

Tabla II.2. Ventajas y desventajas de las diferentes aproximaciones de implementación de un sistema de *groupware*.

La popularidad y el rápido crecimiento de Internet y la WWW han creado una infraestructura abierta, universal y fácil de programar que puede servir para el *groupware*. La WWW es muy útil para muchos tipos de colaboración, pero las aplicaciones de *groupware* basadas en esta tecnología deben soportar las siguientes características:

- Gestión de usuarios y grupos.
- Almacenamiento de información compartida en una base de datos.
- Visualización de la información mediante una interfaz gráfica.
- Protección del entorno de colaboración y de la información mediante autenticación y control de acceso.

Respecto a la adaptación de la tecnología WWW para que permita el trabajo colaborativo en tiempo real de manera satisfactoria, Dourish señala, en la entrevista de Crow et al (1996), que lo verdaderamente importante de esta tecnología es que es integradora. Lo importante de Internet es la diversidad de aplicaciones que soporta, como TELNET, FTP, E-MAIL y HTTP. Por tanto, existen los elementos para ofrecer colaboración en tiempo real, pero no se debe cometer el error de pensar cambiar la tecnología WWW para que ofrezca esta colaboración, sino que debe pensarse en la manera en que este abanico de herramientas puedan utilizarse conjuntamente para enriquecer la experiencia de utilizar la Web. En esta misma entrevista, Greenberg identifica como dificultades los aspectos de seguridad, que aun no han sido completamente resueltos, así como las limitaciones en el ancho de banda y en los tiempos de espera que se producen. Puede considerarse que ya se está adaptando la WWW para soportar una variedad de situaciones colaborativas en tiempo real, como, por ejemplo, la emergencia de comunidades virtuales, intranets y otros entornos de tiempo real soportados por la infraestructura de Internet (Rogers).

II.2.6. Futuro del CSCW y del *Groupware*

La historia de la informática nos ha enseñado que es difícil predecir cómo será una disciplina dentro de unos años, pero creemos que el CSCW pasará, inexorablemente, por la tecnología WWW. Greenberg (Crow et al, 1996) espera que el término *groupware* deje de utilizarse precisamente porque todos los sistemas serán *groupware*. Apunta la idea de que los navegadores comerciales deberán incorporar capacidades *groupware* y algún tipo de estándar (como HTML, Java...) que permita la creación fácil de conexiones *groupware* y la construcción y mantenimiento de *applets groupware*.

El CSCW debe ir ganando importancia como disciplina. Se debe seguir investigando para obtener más conocimiento respecto a la manera en que trabajan las personas en equipos con y sin tecnología, y deben introducirse métodos prácticos para evaluar los sistemas que están siendo desarrollados.

Crow et al (1996) señalan como dificultades actuales la carencia de metodologías adecuadas para el desarrollo de sistemas de CSCW, aunque existen también otros retos que vencer para que los sistemas de *groupware* sean efectivos. Según Baecker (1993) deben romperse algunas barreras como las siguientes:

- La barrera entre el trabajo y los procesos individuales y en grupo.
- La barrera entre el trabajo con software convencional y con *groupware*.
- La barrera entre el trabajo en la oficina y el trabajo en un espacio virtual común.
- La barrera entre las reuniones locales y las reuniones distribuidas.
- La barrera entre el trabajo en redes de área local y en redes extendidas.
- La barrera entre el trabajo síncrono y asíncrono.
- La barrera entre el trabajo sin ordenador y con ordenador.
- La barrera entre la aceptación y los beneficios obtenidos del CSCW por parte de los administradores o gerentes y la aceptación y los beneficios obtenidos de esta tecnología por parte de los empleados.

Los sistemas *groupware* del futuro (Ellis et al, 1991) incorporarán contribuciones de todas las disciplinas enunciadas anteriormente. Los diseñadores están llamados a tratar con aspectos importantes que condicionan el éxito de los sistemas. Los investigadores están estudiando métodos y técnicas para resolver estos problemas, pero algunos siguen aún sin resolver. Las dificultades que se plantean, entre otras, son el diseño de interfaces de grupo, el estudio de los procesos de grupo, el control de concurrencia y otros problemas como los protocolos de comunicación, el control de accesos y los mecanismos de notificación.

II.2.7. Entornos informáticos para el Diseño

Diseño es un término muy general que engloba multitud de aproximaciones. En los diferentes niveles educativos existen materias en las que el diseño juega un papel importante. Se trata de adquirir unos conocimientos que permitan la realización de tareas que dan lugar a la construcción, mediante un proceso de diseño, de un determinado artefacto o escenario. En el ámbito de este trabajo nos referimos al diseño de un modelo mediante la colocación y combinación de unos objetos bajo una serie de restricciones.

Streitz et al (1992) destacan las principales características de cualquier proceso de diseño:

- El diseño es un proceso complejo de resolución de problemas, consistente en resolver varios subproblemas mediante actividades específicas.
- El diseño es la construcción de un artefacto que verifique unos requisitos específicos; el diseñador compone el artefacto mediante bloques.
- El diseño es, normalmente, un proceso social que envuelve a un grupo de individuos. Por lo tanto, deben incluirse facilidades como soporte para la cooperación en un entorno de autor.

Puede hablarse de entornos informáticos para el diseño o para el aprendizaje de éste. Por ejemplo, Conanan & Pinkard (2001) han desarrollado un entorno de aprendizaje basado en Web que utiliza críticas de diseño. Otros autores (Kafai, 1995; Shaffer, 1999;

Gal, 1996) reflejan la importancia de la reflexión en dominios orientados al diseño. En ese sentido, los diarios de acciones (Puntambekar & Kolodner, 1998) y el desempeño de roles son maneras de provocar la reflexión en situaciones de aprendizaje del diseño (Rowland et al, 1992).

Las actividades de diseño complejas imposibilitan a un individuo conocer toda la información relevante de un dominio. Estas situaciones de diseño complejo se caracterizan, por tanto, por una simetría de la ignorancia (Rittel, 1984), y el conocimiento necesario para resolver un problema de diseño se distribuye entre todos los diseñadores. También Lahti et al (2001) opinan que un aspecto esencial del proceso de diseño profesional es compartir conocimiento, como ideas, notas, interpretaciones, etc., entre los miembros de un equipo. Además, los diseñadores frecuentemente buscan y utilizan información de otros expertos o de otras disciplinas relacionadas para ayudarles a construir nuevo conocimiento relativo al tema de diseño. La colaboración social parece jugar un papel importante durante la fase conceptual de diseño, mientras que la generación y articulación de éste a través de la búsqueda de nueva información ayudará a determinar restricciones y producir un diseño satisfactorio.

Surge por tanto el Diseño Colaborativo, o diseño que efectúan conjuntamente un grupo de usuarios, como la forma habitual en la que se realiza el diseño. Se trabaja con objetos compartidos mediante representaciones visuales, modelos conceptuales, herramientas y materiales concretos (Norman, 1993). En los entornos colaborativos de aprendizaje del diseño la colaboración se ve como un proceso donde los individuos comparten un objetivo común (diseñar) y necesitan trabajar juntos para alcanzarlo, siendo el proceso seguido lo que lleva a los alumnos a aprender. Hennessy & Murphy (1999) entienden el diseño colaborativo como un proceso de comunicación activa y de trabajo conjunto para establecer unos objetivos, buscar a través de los espacios del problema, determinar restricciones y construir una solución. Existen algunas aproximaciones que soportan el diseño mediante algún mecanismo colaborativo, como el Diseño Concurrente, el Diseño Iterativo y los DODE (*Domain-Oriented Design Environments*).

El Diseño Concurrente (Miao & Haake, 1998a) se aplica a la Ingeniería y puede verse como un proceso de colaboración, coordinación y toma de decisiones en un grupo de trabajo, aspectos éstos que resultan críticos para un diseño con éxito. Envuelve la interacción dentro y entre diversos equipos funcionales de individuos que pueden estar dispersos sobre una gran área. La colaboración se ve como el proceso en el que los individuos comparten un objetivo común y necesitan trabajar juntos para alcanzarlo. La coordinación es el proceso en el que los individuos necesitan coordinar sus acciones con otros. Su principal problema es la sincronización de las personas, las acciones y la consistencia de las acciones individuales con respecto al proceso completo. Con la toma de decisiones los equipos de trabajo efectúan múltiples decisiones en el curso de un diseño como la mejor manera de alcanzar los objetivos y utilizar los recursos disponibles.

El Diseño Iterativo (Adams & Atman, 1999) es un proceso no lineal dirigido por objetivos que utiliza procesos de razonamiento heurístico y estrategias para reunir y filtrar información sobre el problema y sobre la revisión de las posibles soluciones. Para los usuarios la actividad de diseño es la búsqueda formal, a través del espacio del problema, de unos objetos que satisfagan múltiples restricciones. Desde la perspectiva de la teoría cognitiva, las iteraciones son procesos cognitivos que se producen cuando se emprenden las tareas de diseño y cambia el estado de éste. Como proceso cognitivo, la actividad iterativa en la resolución de problemas de diseño es importante para la experiencia, y

puede modelarse, ser comprendida y enseñada. En los ciclos de diseño iterativo las salidas de cada etapa son las entradas de la siguiente, incluso en el caso de la última.

Los DODE (*Domain-Oriented Design Environments*) (Stahl, 2000) proporcionan un espacio de trabajo en el que un diseñador puede construir un artefacto y representar los componentes que lo forman. Un DODE mantiene una representación de los objetos que son significativos en el dominio, y puede contener conocimiento de este dominio en forma de restricciones, reglas y lógica de diseño.

Maher & Rutherford (1997) aplican la taxonomía de Ellis et al (1991) de clasificación espacio-temporal del *groupware* al desarrollo de productos utilizando CAD, como se muestra en la tabla II.3. En este sentido se puede llamar Diseño Colaborativo al diseño asistido por ordenador efectuado por colaboradores distantes en tiempo real.

Lugar / Momento	Mismo Momento	Diferente Momento
Mismo Lugar	CAD monousuario	CAD con Gestión de Datos
Diferente Lugar	Diseño Colaborativo	CAD Distribuido

Tabla II.3. Uso del CAD según lugar y tiempo.

No obstante, no hay que confundir los DODE y los sistemas de CAD. Un DODE proporciona un espacio de trabajo computacional dentro del cual un diseñador puede construir un artefacto y representar componentes de este artefacto construido, manteniendo una representación de los objetos con significado en el dominio, mientras que un sistema de CAD almacena posiciones de puntos y líneas.

Existen numerosas propuestas de entornos colaborativos de diseño o de aprendizaje del diseño. Algunos sistemas de este tipo serán presentados en el apartado siguiente.

II.2.8. Algunos entornos de Diseño/Trabajo Colaborativo

Numerosos entornos informáticos abordan el trabajo colaborativo para efectuar algún tipo de diseño. En este diseño se produce un artefacto o algún documento como resultado del proceso colaborativo. Algunos de los sistemas más representativos son SCOPE, DDA, DOLPHIN, SEPIA, AEN y CARDBOARD. A continuación analizaremos estos sistemas caracterizando diferentes aspectos como el modelo técnico de datos en que se basan, los mecanismos de estructuración que emplean y cómo son utilizados.

SCOPE (*Session-based COLlaborative Process-centered Environment*, Entorno Colaborativo centrado en Procesos y basado en Sesiones) (Miao & Haake, 1998a; Miao & Haake, 1998b; Miao et al, 1999) integra una aproximación de modelado de procesos con sincronización de actividades en un entorno de compartición de información para la realización de actividades de diseño. Se ha empleado con éxito en el diseño concurrente y en equipos de mejora continua. El Área de Discusión del Diseño (*Design Discussion Area*, DDA) (Kolodner & Nagel, 1999) es una herramienta que permite a un grupo de estudiantes mostrar su trabajo de diseño a otros grupos externos a la propia clase. Soporta tanto la colaboración inicial en pequeños grupos para producir un diseño como la posterior presentación del resultado a otros grupos. El sistema DOLPHIN⁸ (Mark et al, 1995;

⁸ <http://www.darmstadt.gmd.de/publish/ocean/activities/internal/dolphin.html>

DOLPHIN) es una aplicación diseñada para ofrecer un soporte que posibilite la realización de actividades colaborativas por grupos distribuidos utilizando pizarras electrónicas altamente interactivas. Los autores la denominan “aplicación *group-aware*” porque ofrece un amplio soporte de *awareness*. Los usuarios pueden utilizar el sistema para gestión de reuniones, lluvia de ideas, discusión, toma de decisiones y presentación. SEPIA (*Structured Elicitation and Processing of Ideas for Authoring*) (Streitz et al, 1992; Haake & Wilson, 1992) es un sistema hipermedia para la autoría cooperativa. La hipermedia constituye el contenido de la cooperación y el CSCW proporciona una tecnología base y un medio para facilitar la cooperación. El sistema AEN (*Anotated Egret Navigator*) (Johnson & Moore, 1995) constituye una herramienta de CSCW para coedición. CARDBOARD (Muehlenbrock & Hoppe, 1999) es un sistema desarrollado para monitorizar y estudiar la interacción en grupos que trabajan distribuidos en la distancia o de forma local. Dispone de mecanismos que automatizan el análisis y la visualización del proceso de colaboración llevado a cabo por un grupo de estudiantes o trabajadores.

En relación al modelo técnico de datos subyacente, SCOPE utiliza estructuras hipermedia sobre superficies de diseño. En SEPIA y DOLPHIN también se manejan estructuras hipermedia como modelo de datos y como contenido de la cooperación. En todos estos casos los documentos manejados contienen páginas, y cada página contiene uno o más elementos llamados nodos. Los nodos contienen texto, figuras gráficas, imágenes y enlaces a otros nodos. En DDA se emplean dos modelos: uno está formado por una estructura jerárquica de mensajes para la discusión, y el segundo, más rígido, consiste en un conjunto de datos necesarios para construir una presentación del diseño realizado. CARDBOARD emplea representaciones visuales semiformales, llamadas redes de tarjetas (*cards*). AEN mantiene una tabla de contenidos organizada en diferentes niveles que se puede plegar y desplegar y que representa la estructura del documento. Para clasificar la información considera dos tipos de elementos: gráficos y artificios; a su vez los artificios se dividen en documentos, comentarios, preguntas rápidas y soluciones a preguntas. Esta información se representa mediante nodos que se relacionan con enlaces tipificados. Los nodos se distribuyen en las diferentes partes del documento, pero no se dispone de enlaces para acceder a ellos desde la tabla de contenidos que mantiene el sistema, por tanto no se puede considerar esta estructura como una estructura hipermedia.

Relativo a los mecanismos de estructuración, SCOPE emplea facilidades de estructuración de tareas, actividades y procesos basadas en protocolos de colaboración. El sistema proporciona una gran flexibilidad para que los usuarios puedan cambiar dinámicamente los modelos de diseño, las estructuras organizativas, los procedimientos de interacción y los roles funcionales. En el proceso modelado en DDA se identifican dos etapas. En la primera etapa la estructura sobre la que los estudiantes hacen su informe es fija. Esto organiza y facilita la expresión de las experiencias de los estudiantes, mientras que los consejos que ofrece el sistema orientan a los estudiantes hacia la información a incluir. La segunda etapa se ha estructurado como una discusión dirigida en la que los grupos discuten sobre los diseños de otros grupos. En este caso se dan sugerencias sobre el tipo de comentarios que pueden hacer (*elogiar, preguntar, sugerir y responder*). SEPIA se estructura mediante diferentes espacios de actividad en los que se realiza una parte del proceso de creación del documento. Para el desplazamiento por estos espacios se utilizan navegadores. Se dispone de cuatro espacios para estructurar, escribir el documento final, planificar y argumentar. DOLPHIN, AEN y CARDBOARD no utilizan ningún mecanismo para estructurar el proceso.

Todos estos sistemas utilizan la manipulación directa para manejar las estructuras sobre las que se basan. Las herramientas síncronas que utilizan SCOPE, DOLPHIN y SEPIA se

basan en la manipulación de estructuras hipertexto sobre superficies de diseño. Para el trabajo con la pizarra electrónica DOLPHIN proporciona métodos de interacción innovadores basados en la metáfora del lápiz y completados con un reconocimiento gestual muy potente. DDA se basa en formularios para crear presentaciones y en listas de mensajes para gestionar los procesos de discusión. AEN emplea un menú basado en comandos para la creación de entradas en la tabla de contenidos. Las tarjetas de CARDBOARD se manipulan mediante acciones elementales como *mover* y *copiar* y se pueden enlazar unas con otras, creando redes. En la colaboración síncrona es fundamental el soporte de *awareness*. En este sentido SCOPE, DOLPHIN y SEPIA ofrecen un adecuado soporte, fundamentalmente mediante telepunteros y un panel de miembros en la sesión, mientras que AEN y CARDBOARD ofrecen un soporte insuficiente.

II.3. Aprendizaje Colaborativo

En esta sección nos centraremos, en primer lugar, en la exposición del principio metodológico del Constructivismo, que es el más relacionado con el tipo de aprendizaje que se efectúa con los sistemas educativos desarrollados en esta investigación. A continuación se profundiza en el Aprendizaje Colaborativo y en la aplicación de la tecnología informática para enriquecerlo y obtener nuevos métodos, estrategias y aplicaciones de enseñanza, lo que ha dado lugar al paradigma CSCL. De los métodos instruccionales más aplicados en sistemas de CSCL se describen los más interesantes en el marco de nuestro trabajo: el Aprendizaje Basado en Problemas (*Problem-Based Learning*, PBL) y el Aprendizaje Mediante Diseño (*Learning by Design*, LBD). Finalizaremos la sección con el estudio de los entornos de aprendizaje colaborativo más representativos.

II.3.1. Constructivismo

Las tres teorías más importantes de aprendizaje son el Conductismo, el Cognitismo y el Constructivismo (Belloch, 2000). El Conductismo hace hincapié en el control del medio en el proceso de aprendizaje, enfatizando el proceso de enseñanza, en donde el profesor tiene una función relevante como transmisor de conocimientos y el alumno es un sujeto pasivo que los recibe, respondiendo a los estímulos del medio que deben ser controlados mediante refuerzos para conseguir que el estudiante adquiriera los conocimientos previstos por el profesor. El Cognitismo centra su atención en los procesos internos que se producen en el aprendizaje: atención, motivación, memoria, etc. De este modo el refuerzo se entiende como motivación intrínseca y la retroalimentación pasa a tener un carácter de ayuda y orientación hacia nuevas respuestas.

Tradicionalmente, la enseñanza consistía en la preparación de un contexto que, a modo de estímulo, promovía la adquisición de un repertorio de respuestas (conocimientos, conductas, ideales, etc.) configurado por una cultura específica (Sáenz, 1994). Los nuevos modelos didácticos conciben la enseñanza-aprendizaje como la construcción de estructuras más que como asociación de estímulos y respuestas. Siguiendo la Teoría Cognitivista, la Teoría Constructivista enfatiza el carácter personal y activo del aprendizaje. Autores como Piaget, Dewey, Vygotsky y Montessori plantean este modelo constructivista, en el que la educación se centra en el aprendizaje, con mayor implicación y control del alumno, más

que en la enseñanza, en cuyo proceso ejerce un mayor control el profesor. El aprendizaje debe ser un proceso activo. La adquisición de conocimientos requiere que el sujeto realice una serie de actividades, que determinarán el tipo de aprendizaje conseguido (repetitivo, reproductivo o significativo). Mediante estas actividades el sujeto realizará una construcción personal de conocimiento, de modo que cada sujeto presentará diferencias en el aprendizaje atendiendo a sus propios esquemas cognitivos. El aprendizaje realizado deberá ser significativo (Ausubel, 1976), para favorecer que el alumno construya significados organizados y estructurados en función del aprendizaje realizado y de los conocimientos previos del sujeto. El aprendizaje debe favorecer la adquisición de procesos mentales mediante actividades planificadas, las cuales, una vez aprendidas, son interiorizadas por el sujeto quedando incorporadas en su estructura cognitiva.

El aprendizaje constructivista se caracteriza por los siguientes aspectos:

- Aprender es reconstruir el conocimiento, transformándolo en función de los nuevos conocimientos.
- El interés y la motivación son aspectos fundamentales para que se produzcan aprendizajes significativos.
- Potencia la autonomía en los propios aprendizajes y las interacciones entre iguales.
- El conocimiento debe partir de actividades reales puesto que la experiencia es la base sobre la que se construye.
- El error no es algo negativo, sino que permite la reflexión sobre los procesos seguidos y la toma de decisiones respecto a las acciones posteriores.

Los constructivistas diferencian tres niveles de adquisición:

- Introdutorio: Estado inicial caracterizado por no disponer de conocimientos sobre el tema.
- Avanzado: Solución de problemas de cierta complejidad pues se dispone de conocimientos previos sobre el tema.
- Experto: Conseguido a través de los conocimientos avanzados y la experiencia en un tema.

El Constructivismo abarca una serie de tendencias. Todas ellas comparten el principio básico de que el aprendizaje es un proceso activo, mediante el cual el alumno ha de elaborar interpretaciones a partir de su experiencia para construir un significado personal del conocimiento. De ahí que se destaque el papel importante del contexto de aprendizaje, prefiriéndose situaciones que capturen la complejidad de las situaciones reales.

II.3.2. Aprendizaje Colaborativo y CSCL

El Aprendizaje Colaborativo es foco de numerosas investigaciones en el área de la educación. Aunque es fácil dar ejemplos de éste no es fácil dar una definición. Puede definirse como el conjunto de estrategias de enseñanza que dependen de la interacción de un pequeño grupo de aprendices como característica central de las tareas de aprendizaje en la clase (Dodl, 1990). También es una forma de organización de la clase en la que los estudiantes trabajan en pequeños grupos, ayudándose unos a otros en el aprendizaje de los contenidos (Slavin, 1987). En este sentido, un grupo pequeño es un conjunto de personas que interaccionan con algún grado de influencia recíproca de unos sobre los otros (Schmuck & Schmuck, 1988). Según Bruffee (1993), el Aprendizaje Colaborativo es un proceso encultural que ayuda a los estudiantes a llegar a ser miembros de una comunidad

de conocimiento y, según Roschelle & Behrend (1995), es el compromiso mutuo de participación en un esfuerzo coordinado para resolver un problema juntos. Ejemplos de métodos de aprendizaje colaborativo son: Investigación en Grupo (Sharan, 1980), Aprendizaje Basado en Problemas (Barrows, 1994; Barrows & Tamblyn, 1980), Aprendizaje Basado en Proyectos (Blumenfeld et al, 1991) y otras formas de aprendizaje en grupo (Noddings, 1989; Webb, 1982). En todas estas definiciones se da cierto énfasis a lo que hace el profesor (estrategias formativas, organización de la clase...) y se sitúa el concepto de Aprendizaje Colaborativo en el aula, bajo la supervisión y organización del profesor (Collis, 1993).

El Aprendizaje Colaborativo ha venido siendo estudiado desde los años 20. Las principales investigaciones parten de la hipótesis de que todas las formas de aprendizaje colaborativo son más efectivas que las individuales o las competitivas (Johnson et al, 1981). Esta hipótesis ha venido siendo criticada y confirmada por multitud de investigadores desde entonces. A mediados de los 80 aparecieron docenas de métodos de aprendizaje colaborativo (Kagan, 1985). Los más utilizados se caracterizaban porque los estudiantes eran organizados por el profesor en grupos heterogéneos de cuatro personas, con el objetivo de ayudarse unos a otros a aprender. Las diferencias entre estos métodos se referían a la igualdad de oportunidades, la competitividad, la especialización de tareas y la adaptación de la instrucción a las necesidades individuales. Slavin (1987), en un posterior análisis, confirmó las teorías de Johnson et al (1981), pero estableciendo la importancia del método utilizado por el profesor para organizar la experiencia de aprendizaje colaborativo como factor de éxito. Otros investigadores, como Webb (1985) y Joyce & Weil (1986), destacaron la importancia del profesor, por ejemplo, para estructurar las actividades en grupo dando las oportunas explicaciones, y como consejero, consultor, crítico y motivador de la actividad del grupo. Johnson & Johnson (1984) también destacaron este papel del profesor en el aprendizaje colaborativo señalando sus principales tareas:

- Identificar el objetivo de la actividad y mostrarlo a los miembros del grupo.
- Determinar la disposición del grupo en cuanto a tamaño, nivel y habilidades, tiempo para la interacción, roles y aspectos físicos y logísticos de organización del entorno de trabajo.
- Explicar las tareas a desarrollar y la estructura de los objetivos colaborativos.
- Monitorizar la efectividad del grupo e intervenir para proporcionar asistencia.
- Evaluar los logros del grupo y estudiar la colaboración efectuada.

Igualmente señalaron los criterios esenciales relativos a los miembros del grupo que conducen a un aprendizaje colaborativo satisfactorio:

- Interdependencia positiva relativa a objetivos, tareas, recursos, roles y recompensas.
- Interacciones verbales cara a cara y no verbales.
- Aceptación de la responsabilidad individual.
- Habilidades interpersonales y de grupo.

Por tanto, en la investigación en educación parece haber un cierto consenso sobre el aprendizaje colaborativo, al menos en los entornos de clase tradicionales. El proceso es complejo y requiere un esfuerzo considerable por parte del líder instruccional y de los participantes para que sea ejecutado de forma efectiva. En cuanto a la utilización del ordenador en situaciones de aprendizaje colaborativo, Collis (1993) distingue entre el uso de ordenadores individuales o la utilización de redes de ordenadores.

La primera utilización de los ordenadores en clase se hace sin que éstos estén conectados entre sí. Los primeros estudios investigan la inclusión del ordenador como elemento de enseñanza mezclado con las situaciones de aprendizaje colaborativo. Algunas

de estas primeras investigaciones se realizan partiendo del paradigma de Aprendizaje Colaborativo, mientras que otros estudios se realizan por investigadores con más interés en aspectos informáticos que en dinámicas de aprendizaje colaborativo. Destacan los trabajos de Webb (1984) y Johnson & Johnson (1984), en los que se profundiza en la importancia de las características individuales de los aprendices y se cambia la orientación en aprendizaje cooperativo introduciendo la utilización de ordenadores. Se ha producido, por tanto, un desplazamiento entre el enfoque principal, en el que la metodología de las actividades cooperativas es organizada por el profesor, hasta el enfoque en el tratamiento de la interacción en las actividades con uso del ordenador por parte del estudiante en situaciones cooperativas.

El aprendizaje colaborativo con redes de ordenadores es posible gracias a las tecnologías de la telecomunicación. En éste, los participantes del grupo de aprendizaje no están interactuando cara a cara y no se conocen personalmente. En lugar de estar en la misma clase se distribuyen en un colegio, región, país o internacionalmente; actúan al mismo tiempo (síncrono) o en diferentes momentos (asíncrono). Newman et al (1989) utilizan la tecnología de las redes locales (LAN) y software especialmente creado para facilitar el desarrollo comunitario de una base de datos común y la realización de otras actividades de aprendizaje cooperativo en las que se ven envueltos los estudiantes. En paralelo a estos trabajos, y partiendo de los proyectos de aprendizaje en el aula, se había desarrollado otra área de investigación que utilizaba la Comunicación Mediante Ordenador (CMC) y actividades cooperativas que envolvían a participantes desconocidos y distantes unos de otros (Riel, 1989).

Este nuevo enfoque de utilización de redes de ordenadores y telecomunicaciones para el aprendizaje colaborativo presenta nuevos énfasis en investigación educativa. El primero es la necesidad de un estudio más detallado de los aspectos sociales y psicológicos de los grupos cuando sus integrantes trabajan tanto cara a cara como electrónicamente (Pea & Gomez, 1992). El segundo se centra en el diseño de los instrumentos con los que el aprendiz interactúa no sólo con su propio ordenador, sino también con sus compañeros de aprendizaje, que no ve, y con los recursos accesibles a toda la comunidad en una configuración de aprendizaje colaborativo en red (Dede, 1990). El tercero es una combinación de teoría del aprendizaje orientada a la metacognición con nuevos diseños de software para desarrollar y evaluar estos entornos de aprendizaje en red para actividades de aprendizaje colaborativo. Un significativo conjunto de ejemplos de esta última categoría se presenta en el apartado *Algunos entornos de Enseñanza/Aprendizaje Colaborativo*. Finalmente, destacar que en estas situaciones la importancia del profesor disminuye, tanto a nivel personal como en términos de organización del grupo y coordinación. En la investigación que se desarrolla en este campo surgen dos orientaciones: una caracterizada por una teoría del aprendizaje cognitivo más profunda y la otra por una visión de la actividad profesional y la interacción entre los estudiantes y los profesores. Como apunta Collis (1993), ambas requieren la utilización de herramientas tecnológicas sofisticadas.

El Aprendizaje Colaborativo es el modelo subyacente de instrucción en el CSCL (*Computer-Supported Collaborative Learning*, Soporte Informático para Aprendizaje Colaborativo). Este paradigma actualmente existente se centra en el uso de la tecnología como herramienta que media con los métodos colaborativos de instrucción. Se basa en una visión sociocultural de la cognición para enriquecer los contextos interpersonales del aprendizaje.

II.3.3. Métodos de enseñanza

En este apartado se describen dos métodos de instrucción utilizados en Aprendizaje Colaborativo y que aplicaremos a los sistemas de nuestra investigación.

Aprendizaje Basado en Problemas

El Aprendizaje Basado en Problemas (*Problem-Based Learning*, PBL) es un método colaborativo de instrucción, centrado en casos y dirigido al aprendiz (Koschmann et al, 1996). Se comenzó a utilizar en Educación Médica (Barrows, 1994), Arquitectura, Bioquímica, Administración de Empresas, Economía, Ingeniería, Geología, Derecho, etc., y en otras áreas de la educación. En su implementación ideal, un pequeño grupo de estudiantes –según Koschmann et al (1996) el número óptimo es de cinco a seis–, junto con un entrenador o tutor, aprenden en un proceso de trabajo a través de una colección de casos de enseñanza.

Las principales características del PBL se resumen en las siguientes (Barrows, 2001):

- Es un método educativo centrado en el aprendiz: En el PBL se da a los aprendices más responsabilidad progresivamente, de manera que llegan a ser crecientemente independientes del profesor. El PBL produce aprendices independientes que pueden continuar su aprendizaje por sí mismos durante toda su vida y en los diferentes estudios que cursen. La responsabilidad del profesor es proporcionar materiales educativos y guías para facilitar el aprendizaje.
- Se basa en problemas de la vida real: El aprendizaje se basa en problemas complejos que se encuentran en el mundo real, como estímulo para el aprendizaje y para la integración y organización de la información aprendida de manera que se asegure su recuperación y aplicación a problemas futuros. Estos problemas se diseñan de modo que los aprendices desarrollen habilidades efectivas de resolución de problemas y pensamiento crítico.
- Es una manera motivadora de aprendizaje: Los aprendices se ven envueltos en un aprendizaje activo; lo que tienen que aprender en su estudio se ve como importante y relevante para sus propias vidas.
- El tutor es un entrenador individual que facilita el proceso de aprendizaje: Su labor incluye la monitorización del proceso del grupo y de la participación de los individuos dentro de éste, guiando el proceso de razonamiento, motivando la autointerrogación y autorreflexión, mediante el planteamiento de cuestiones apropiadas a los individuos o al grupo, y evaluando el desarrollo de cada estudiante con respecto a estos criterios (Koschmann et al, 1996). Una gran parte del papel del tutor es modelar y alentar el desarrollo de las habilidades metacognitivas necesarias para la evaluación del razonamiento y comprensión del estudiante. Cuando los aprendices van dominando el proceso de aprendizaje el profesor se vuelve menos activo.

En el caso de la enseñanza médica, Barrows & Feltovich (1987) intentan reflejar el proceso de razonamiento seguido por un aprendiz experto (figura II.2). Se reúnen los datos, se generan y prueban las hipótesis y se obtienen las conclusiones de manera interactiva y recursiva. Mediante el proceso, cuando los estudiantes analizan el problema construyen un modelo de la condición médica del paciente –en el caso de la educación médica– e intentan resolverlo con información que ya poseen, lo que les permite darse cuenta de lo que ya saben. También identifican lo que necesitan aprender para entender mejor el problema y

cómo resolverlo. Los aprendices se sumergen en un estudio autodirigido para identificar y utilizar la información necesaria buscando y utilizando una variedad de recursos de información (libros, revistas, informes, información en línea y personas con experiencia). De esta manera el aprendizaje se personaliza a las necesidades y estilos de aprendizaje del individuo. En determinados momentos los estudiantes efectúan abstracción y reflexión. Con la abstracción articulan el conocimiento que han adquirido. El problema es reexaminado en el contexto de otros problemas que el grupo ha estudiado. En las fases de reflexión discuten su aproximación al problema, criticando el proceso de aprendizaje e identificando áreas para futuras mejoras. Los componentes del proceso no tienen por qué ocurrir en un orden establecido. Después de terminar el trabajo con el problema, los aprendices se evalúan a sí mismos y a los demás para desarrollar habilidades en una autoevaluación constructiva. La autoevaluación es una habilidad esencial para el aprendizaje independiente efectivo.

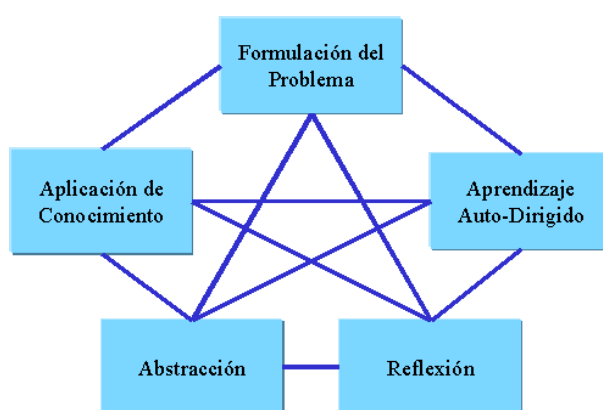


Figura II.2. Componentes del Aprendizaje Basado en Problemas.

Hasta ahora, al hablar de PBL, se han dejado de lado los ordenadores, pero puede decirse que hay un área de estudio dentro del CSCL que trata del soporte informático para el PBL. La aproximación de Koschmann et al (1996) utiliza el soporte informático y se basa en la necesidad de una colección de problemas reales y un mecanismo para seleccionarlos, la necesidad de recuperación de las deliberaciones del grupo sobre los problemas ya estudiados, la necesidad de múltiples puntos de vista, la necesidad de que los estudiantes puedan compartir información fuera de la sesión de trabajo, la necesidad de acceder a recursos de aprendizaje y la necesidad de que los estudiantes puedan indexar sus notas de manera que se facilite su posterior recuperación.

En general, el objetivo del PBL (Barrows, 2001) es producir aprendices que:

- Se enfrenten a los problemas que se les presenten en la vida y en su carrera educativa con iniciativa y entusiasmo.
- Resuelvan problemas de manera efectiva utilizando una base de conocimiento integrada, flexible y usable.
- Empleen habilidades de aprendizaje autodirigido efectivas para continuar su aprendizaje como un hábito durante toda la vida.
- Monitoricen y evalúen la adecuación de su conocimiento, los mecanismos de resolución de problemas y las habilidades de aprendizaje autodirigido.
- Colaboren efectivamente como miembros de un grupo.

Podemos concluir este apartado citando lo que según Barrows (2001) sería un nombre más acertado para el PBL: “aprendizaje reiterativo, colaborativo, integrado, basado en la investigación, basado en problemas y centrado en el estudiante”.

Aprendizaje Mediante Diseño

El Aprendizaje Mediante Diseño⁹ (*Learning by Design*, LBD) (Kolodner et al, 1998) es una aproximación para el aprendizaje de las Ciencias en la que los estudiantes aprenden como resultado de desarrollar actividades colaborativas de diseño y reflexionar sobre sus experiencias. Los conceptos se asimilan experimentando su funcionamiento y se aplican a la resolución de problemas de la vida real. Los alumnos aprenden a tomar decisiones y adquieren habilidades para la colaboración al verse envueltos en actividades de ese tipo.

El LBD ha sido creado por investigadores del *EduTech Institute*¹⁰ del centro *Georgia Tech*. El objetivo del proyecto es ayudar a que los niños de educación primaria aprendan mejor los contenidos de Ciencias y Matemáticas y al mismo tiempo desarrollen las habilidades y conocimientos necesarios para emprender la resolución de problemas complejos y mal estructurados. La hipótesis de partida es que esto puede lograrse situando el aprendizaje en la resolución de problemas de diseño y asistiendo a los profesores para que puedan erigirse como facilitadores de la actividad colaborativa de diseño desde una perspectiva centrada en el estudiante.

Esta aproximación permite crear entornos de aprendizaje constructivistas (Kolodner et al, 1998), tratando tanto los aspectos cognitivos del aprendizaje como los sociales, y se basa en la combinación de una teoría como el modelo cognitivo del Razonamiento Basado en Casos (*Case-Based Reasoning*, CBR) y un modelo de práctica compatible como el PBL, incorporando lo mejor de otras aproximaciones. El modelo cognitivo del CBR (Kolodner, 1993) proporciona un marco conceptual para visionar una clase (aula) y un currículo donde el aprendizaje se produzca como resultado de una serie de experiencias de diseño (Kolodner, 1997), y el PBL (Barrows, 1985) indica cómo representar ejemplos de prácticas en esa clase. El LBD también se alimenta de investigaciones de las áreas de la Cognición del Diseño, de la Toma de Decisiones y del Aprendizaje Colaborativo.

Las intenciones del LBD se resumen en las siguientes:

- Ofrecer a los estudiantes experiencias de trabajo científico, incluyendo el planteamiento de interrogantes, la investigación y la aplicación de lo que han aprendido con anterioridad.
- Ayudar a los estudiantes a aprender Ciencias profundamente, dándoles la oportunidad de descubrir y contrastar sus ideas.
- Ayudar a los estudiantes a aprender conceptos clave y habilidades que resultan difíciles de adquirir pero que son esenciales, como por ejemplo el estudio de sistemas, el análisis de procesos de causa-efecto diferidos en el tiempo, la modelización y la simulación, así como las diferentes formas de averiguación.
- Ayudar a los estudiantes a efectuar relaciones entre sus experiencias y las Ciencias, y entre las Ciencias y el mundo que les rodea.

⁹ <http://www.cc.gatech.edu/edutech/projects/lbdview.html>

¹⁰ <http://www.cc.gatech.edu/edutech>

- Motivar a los estudiantes a querer aprender y ayudarles a entender lo que significa y lo que conlleva.
- Ayudar a los estudiantes a aprender habilidades generales como parte de sus experiencias con las Ciencias, especialmente aquellas relacionadas con la toma de decisiones, la justificación, la argumentación y la acometida de problemas complejos.

En secciones anteriores hemos profundizado en el concepto de diseño, pero es interesante repasar algunas características claves desde la perspectiva del LBD:

- El diseño es **realista**: Se dirige al mundo real y se resuelven problemas auténticos con unos criterios medibles; implica a personas reales en la resolución de problemas reales que se basan en la estructura, funcionamiento y comportamiento de organismos reales del mundo real.
- El diseño es **interactivo** y utiliza **artefactos**: Los artefactos son representaciones en papel, modelos, simulaciones por ordenador y objetos. El proceso de diseño se basa en la interacción de personas con artefactos y entre personas mediante artefactos, para desarrollar el mejor producto que satisfaga los criterios.
- El diseño es **iterativo**: El modelo es desarrollado, probado y evaluado una y otra vez, lo que conducirá al éxito o al fracaso de un producto, en relación a ciertos criterios clave establecidos de antemano. Los fallos dan tanta información como el éxito en un diseño. En los ciclos de iteración se van efectuando refinamientos y mejoras sucesivas hasta que los diseñadores están satisfechos con el producto.
- El diseño es **reflexivo** y **colaborativo**: Los diseñadores utilizan la reflexión y colaboración para justificar sus acciones y razonar por qué conducirán al éxito. Los diseñadores y estudiantes de diseño reflexionan, colaboran y justifican de tres maneras diferentes: hablando sobre el proceso, haciendo críticas y hablando sobre el producto.
- El diseño necesita de **representaciones** con herramientas adecuadas: Los dibujos, prototipos y modelos, con etiquetas, medidas y especificaciones son clave; se utilizan diferentes representaciones para diferentes niveles de abstracción en la resolución del problema.
- Diseñar es **diferente de investigar**: Es un proceso que ofrece realimentación a los diseñadores y les permite generar alternativas.

II.3.4. Algunos entornos de Enseñanza/Aprendizaje Colaborativo

En el amplio panorama de las aplicaciones de CSCL distinguimos algunos sistemas significativos como CSILE, COLLABORATORY NOTEBOOK, MFK, DEGREE, CLARE, BELVEDERE, SMILE, C-CHENE, COLER, SPLACH y EPSILON. Estos sistemas se van a describir brevemente a continuación, para estudiar después algunos aspectos característicos como el modelo de aprendizaje en que se basan, el modelo técnico de datos subyacente, los mecanismos de estructuración que emplean y los métodos de análisis que utilizan.

CSILE (Scardamalia & Bereiter, 1991; Scardamalia & Bereiter, 1994; Scardamalia & Bereiter, 1996) es una de las primeras y más representativas propuestas para crear, estructurar y almacenar información de grupos en una gran base de datos de conocimiento común, para posteriormente reutilizarlo en otras actividades educativas. El sistema constituye una herramienta que permite construir y explotar conocimiento de varias tareas realizadas en una comunidad educativa. COLLABORATORY NOTEBOOK (Edelson & O'Neill, 1994; O'Neill & Gomez, 1994; Edelson et al, 1996) es un sistema asíncrono que

permite a grupos de estudiantes y profesores crear, mantener y compartir bases de datos multimedia estructuradas en forma de cuaderno electrónico. El entorno MFK (Hoadley & Hsi, 1993; Hsi & Hoadley, 1994; Hoadley et al, 1995) permite a sus usuarios comunicarse de forma asíncrona utilizando vídeo, audio y texto. El sistema DEGREE (Barros, 1999; Barros & Verdejo, 2000a; Barros & Verdejo, 2000b) proporciona herramientas para construir entornos accesibles desde Web para la realización de actividades de aprendizaje colaborativo, consistentes en el análisis y síntesis de documentos que realizan alumnos de tercer ciclo, a partir de la lectura de artículos que posteriormente resumen y cuyas ideas comparten en grupo. Para ello dispone de una estructura totalmente configurable. El sistema CLARE (Wan & Johnson, 1994; Wan, 1994) es un entorno colaborativo en el que los estudiantes representan la solución a un problema en una base de datos estructurada. BELVEDERE (Paulucci et al, 1996; Suthers & Jones, 1997) es un sistema colaborativo que guía a los estudiantes en el desarrollo de discusiones acerca de problemas científicos. SMILE (*Scaffolded Multiuser Integrated Learning Environment*) (Guzdial et al, 1997) es una aproximación para enseñar Ciencias a estudiantes de enseñanza primaria. Estos estudiantes aprenderán como resultado de situarse en actividades colaborativas de diseño y reflexionar sobre sus experiencias. C-CHENE (*Collaborative Chaîne Energétique*, Cadenas de Energía en Colaboración) (Baker & Lund, 1996; Baker & Lund, 1997) es un entorno de aprendizaje del modelado en física. Las tareas que realizan los estudiantes en grupos de dos consisten en la construcción de modelos cualitativos para el almacenamiento, transferencia y transformación de la energía en experimentos sencillos, utilizando una interfaz gráfica especialmente diseñada. COLER (Constantino-González & Suthers, 2001) es un entorno de aprendizaje colaborativo basado en web en el que los estudiantes resuelven problemas de modelado de bases de datos mientras trabajan síncronamente a distancia en pequeños grupos. El sistema SPLACH (George & Leroux, 2001) integra varias herramientas para la realización a distancia de un proyecto entre aprendices. Roboteach (Despres & George, 2001) es una de ellas, y se basa en un método pedagógico que utiliza micro-robots dirigidos por ordenador. Estas actividades tienen como objetivo ayudar a los estudiantes a descubrir esta tecnología, manejando, construyendo y diseñando micro-robots. EPSILON (Soller & Lesgold, 2000) representa situaciones en las que los estudiantes resuelven problemas de diseño orientado a objetos.

Los sistemas de CSCL suelen basarse en algún método de aprendizaje contrastado. En este sentido destaca la utilización de métodos como el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL), el Aprendizaje Mediante Diseño (LBD) y el Aprendizaje Basado en Proyectos. Vemos que C-CHENE, COLER y EPSILON se basan en el PBL mientras que SPLACH sigue el enfoque del Aprendizaje Basado en Proyectos. SMILE presenta características de las tres aproximaciones. Diferentes sistemas utilizan un método de enseñanza más libre que no sigue ninguno de los tratamientos mencionados, como sucede con CSILE, COLLABORATORY NOTEBOOK, MFK, DEGREE, CLARE o BELVEDERE.

En relación al modelo técnico que soportan los sistemas de CSCL para instrumentar el resultado de la colaboración, podemos identificar tres tipos de sistemas: (1) los que se basan en estructuras jerárquicas o de red de nodos relacionados, que normalmente representan algún proceso de diálogo o discusión, (2) los que mantienen un modelo de objetos y (3) los que recogen una lista secuencial de intervenciones. Comenzando con los sistemas del segundo y tercer tipo, hay que resaltar que se suelen corresponder con sistemas síncronos en los que se construye, mediante manipulación directa, un modelo de objetos a la vez que se produce algún tipo de comunicación mediante intervenciones secuenciales; es decir, estos sistemas suelen agrupar estas dos características de manera complementaria. Por ejemplo, C-CHENE emplea un menú de opciones (*create, name,*

delete, move...) para construir una cadena de energía que constituye un modelo que se representa gráficamente. A este proceso lo acompaña un chat que permite una estructuración flexible de la comunicación proporcionando un conjunto restringido de actos de comunicación. De la misma manera, en COLER se dispone de un espacio de trabajo compartido en el que los estudiantes sitúan los componentes del diagrama, aunque sólo un estudiante puede actualizar el espacio compartido a la vez. Mientras construyen los diagramas los alumnos se comunican mediante un chat. En EPSILON se utiliza una herramienta síncrona de modelado para resolver, de forma colaborativa, problemas de diseño orientado a objetos con OMT (*Object Modeling Technique*) (Rumbaugh et al, 1991), y también se dispone de la Interfaz para Aprendizaje Colaborativo (*Collaborative Learning Interface*, CLI) que es una herramienta que implementa un mecanismo de comunicación estructurado que permite que hasta cuatro alumnos puedan hablar en tiempo real.

Los sistemas del primer tipo, es decir, aquellos que se basan en estructuras jerárquicas o de red, suelen corresponderse con sistemas asíncronos. En CSILE la unidad básica de almacenamiento es la anotación, que puede tener formato de texto o gráfico y se relaciona con otras anotaciones de la base de datos. En COLLABORATORY NOTEBOOK se dispone de varios tipos de páginas que contienen información textual o gráfica. Estas páginas se organizan en una estructura jerárquica siguiendo la metáfora de una biblioteca, organizada en estanterías, cuadernos y páginas. La tabla de contenido permite ver todas las páginas como una lista de enlaces a páginas organizados en una estructura jerárquica en forma de árbol. La unidad de información que se maneja en el entorno MFK es el comentario. Estos comentarios se representan gráficamente en forma de árbol (llamado árbol de argumentación), donde cada comentario es un nodo representado en la interfaz con un icono con la cara del autor. Los nodos agrupan hojas que representan respuestas al comentario. DEGREE maneja textos relacionados de acuerdo a un proceso de discusión estructurada entre los miembros del grupo. Para intervenir en el proceso de discusión los usuarios deben elegir el tipo de contribución que quieren emitir (propuesta, cuestión, comentario, etc.). En CLARE el resultado del proceso se estructura y representa mediante una red de conceptos relacionados y tipificados en un número finito y fijo de tipos de nodos y primitivas que los relacionan. Las aportaciones del grupo se representan en BELVEDERE en forma de esquemas gráficos mediante una herramienta para construcción de diagramas de argumentación. Las ideas que se aportan quedan tipificadas (*hipótesis, datos, etc.*) y representadas mediante un gráfico, y se puede indicar con qué otras ideas está relacionada utilizando conectores fijos (*en contra de, para, por, etc.*). En SMILE los alumnos crean notas que organizan de manera estructurada. SPLACH dispone de herramientas genéricas de colaboración como el correo electrónico, la agenda electrónica y los foros de discusión. Estos últimos permiten mantener estructuras jerárquicas de tipo asíncrono, mientras que también se dispone de herramientas síncronas de reunión que permiten la discusión mediante texto. Este sistema presenta, por tanto, características de los tipos primero y tercero.

Otro aspecto que caracteriza a los sistemas colaborativos es el tipo de estructuración o metáfora que emplean para plasmar el proceso de aprendizaje o de trabajo. La mayoría de sistemas se basan en identificar diferentes espacios de trabajo correspondientes a distintas fases de acuerdo a la estructura de contenido del proceso o en los que efectuar actividades que tratan con artefactos. CSILE no estructura el proceso pero sí realiza cierta estructuración según el estado del trabajo; las notas que maneja pasan por tres estados: *borrador, candidata y publicada*. MFK, DEGREE y CLARE se estructuran mediante diferentes espacios o niveles. Así vemos que MFK se basa en dos áreas: el Área de

Opinión, donde los usuarios manifiestan sus opiniones generales sobre el tema a tratar, y el Área de discusión, donde los usuarios pueden responder a los comentarios de otros. DEGREE modela espacios de trabajo separados para la coordinación, elaboración y obtención de resultados. CLARE llama niveles a estos espacios, e identifica un nivel de proceso y otro de presentación. En el nivel de proceso se define un modelo explícito de trabajo: resumen, evaluación, comparación, argumentación e integración.

Otros sistemas construyen estos espacios de trabajo influenciados por las estrategias de colaboración en que se basan. En general, hay un primer bloque de sistemas que identifican un espacio para la colaboración síncrona y otro para la asíncrona. En cada tipo de colaboración se suele modelar un tipo de tarea, más reflexiva en la fase asíncrona y más interactiva y espontánea en la fase síncrona. Siguiendo esta aproximación, SMILE integra una herramienta síncrona (McBAGEL), con la que se organizan las notas en cuatro columnas de acuerdo al estilo típico del PBL (*hechos, ideas, conceptos de aprendizaje y planes de acción*), y una herramienta asíncrona, con la que las estructuran de acuerdo al flujo de la discusión, obteniéndose una estructura jerárquica. Ambos tipos de espacios juegan un papel diferente en el trabajo efectuado por los estudiantes, pero se mantiene una vista uniforme para tener una visión integrada. SPLACH también incorpora herramientas de comunicación asíncrona y síncrona. Un segundo bloque de sistemas asignan un espacio privado para el trabajo individual y otro público para el trabajo compartido en el que se pondrá en común el trabajo individual. Esta es la línea que sigue COLER, con el que los estudiantes resuelven problemas individualmente y después se organizan en pequeños grupos para desarrollar soluciones de grupo. En el espacio de trabajo privado los alumnos diseñan y prueban sus soluciones. Cuando todos los estudiantes han indicado que están listos para trabajar en grupo se activa el espacio de trabajo compartido y empiezan a situar componentes de su solución. Aunque sólo un estudiante, el que tiene el lápiz, puede actualizar el espacio compartido. La resolución inicial del problema ayuda a asegurar la participación individual, y las diferencias entre las soluciones de los estudiantes conforman la base para la discusión.

Otros sistemas no ofrecen soporte significativo en relación a este criterio, y simplemente representan un modelo explícito fijo de colaboración o no realizan ningún tipo de estructuración. Ejemplos de estos sistemas son BELVEDERE, C-CHENE y EPSILON.

En cuanto a los métodos de análisis que utilizan los sistemas de CSCL, podemos identificar dos situaciones: el estudio o análisis del proceso, ya sea un proceso de diálogo, de construcción de un modelo, etc., y el análisis del producto resultante del anterior proceso. A su vez, estos estudios pueden ser de carácter cuantitativo o cualitativo. Por ejemplo, MFK y C-CHENE hacen un análisis cuantitativo de las intervenciones y tareas desarrolladas por los participantes, contando el número de total de comentarios, el número de participaciones por usuarios y la frecuencia de participaciones. La aportación más destacable de C-CHENE es la clasificación que hace de los elementos del diálogo, lo que permite realizar un análisis por categorías. DEGREE efectúa un análisis cuantitativo y un análisis cualitativo en forma de conclusiones de toda la información que se genera como resultado de una experiencia, valorando la forma de colaborar del grupo aunque no el resultado de este proceso. Ninguno de estos sistemas trata el análisis del producto. En cambio, EPSILON permite valorar el conocimiento efectivo y no efectivo adquirido, y también propone la utilización de redes neuronales entrenadas para, dinámicamente, contrastar las secuencias de interacción del grupo y proponer caminos más productivos. BELVEDERE también trata, de algún modo, el estudio del producto resultante, realizando una comprobación de consistencia.

II.4. Simulación

La Simulación de Sistemas es una de las ramas más antiguas de la Informática (Monsef, 1997), llegando a su madurez en los años setenta. La aparición del ordenador permitió que la simulación pudiera apoyarse en una herramienta que permitía la modelización y simulación de problemas complejos que podían aplicarse a muy diversos campos de la Ingeniería, las Ciencias, la Economía, la Estadística, la Sociología, etc. (Bravo & Ortega, 2001). La simulación y el aprendizaje son dos conceptos muy unidos en el proceso educativo. Desde el punto de vista puramente instrumental puede decirse que la mayoría de las actividades de aprendizaje siempre están basadas en entidades de simulación.

La simulación puede definirse como el proceso de diseño de un modelo lógico o matemático de un sistema real y la realización de experimentos basados en el ordenador con el modelo, con el objeto de describir, explicar o predecir el comportamiento del sistema real (Bravo & Ortega, 2001).

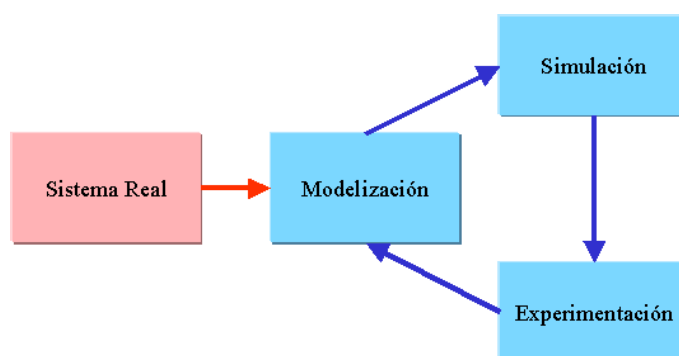


Figura II.3. Ciclo de simulación.

En este proceso de simulación hay cuatro elementos clave (Morgan, 1984) (figura II.3):

- **Sistema:** Un sistema es un conjunto de unidades interrelacionadas que interactúan con un entorno exterior. Según de Lara (2000) es un conjunto de fenómenos observables al que se ha separado del resto de universo para su estudio.
- **Modelo:** Es una representación simplificada de un sistema real. La descripción representativa del sistema puede hacerse mediante un lenguaje simbólico o una teoría (Monsef, 1997).
- **Simulación por ordenador:** La simulación no requiere indispensablemente del ordenador, pero sería tedioso no utilizarlo. En el proceso de aprendizaje (mediante simulación) el ordenador se convierte en un recurso educativo, y se utiliza como una herramienta alternativa para extender o aumentar la capacidad de aprendizaje de los alumnos.
- **Experimentación:** En la experimentación (normalmente mediante la ejecución de un programa en el ordenador) con el modelo del sistema se obtienen conclusiones que se pueden extender al sistema real.

Los sistemas reales pueden ser de tres tipos (de Jong et al, 1993): físicos, que son sistemas que tienen existencia física en el mundo natural; artificiales, creados por el hombre (como pueden ser las máquinas); y abstractos o hipotéticos, que no tienen existencia real. Todos estos sistemas son susceptibles de ser utilizados con propósitos

didácticos. Como exponen Bravo & Ortega (2001), la utilización de simuladores ofrece una serie de características positivas:

- Representación de mundos hipotéticos.
- Uso de escalas de tiempo.
- Utilización de modelos abstractos.
- Reducción de la carga matemática.
- Representación parametrizada.
- Utilización de la realidad virtual.
- Disminución de costes.
- Comodidad del lugar de trabajo.
- Necesidad de mínimos requerimientos hardware.

II.4.1. Simulación de Eventos Discretos

Dentro de los diferentes tipos de simulaciones la que más nos interesa en el ámbito de esta investigación es la Simulación de Eventos Discretos. En ella (de Lara, 2000) el modelo matemático está formado por procesos estadísticos que se resuelven en un ordenador digital; el tiempo es discreto y viene representado por una serie de valores no predecibles (muestreo aleatorio). El estado del sistema cambia cuando se produce un evento. Se puede obtener una definición dinámica del sistema avanzando el tiempo simulado desde un evento al siguiente. Este enfoque se denomina de *siguiente evento* (Monsef, 1997). Los modelos discretos se suelen expresar en un formalismo llamado Especificación de Sistemas de Eventos Discretos (DEVS) (Törn, 1981).

En estos sistemas que evolucionan en el tiempo en forma discreta, el estado del sistema cambia sólo en ciertos instantes, no de forma continua (Ríos et al, 1997). La evolución en el tiempo se traduce en cambios en algún atributo de alguna entidad, lo que se denomina **evento** y que ocurre en algún instante. El tiempo entre dos instantes se denomina **intervalo**. El estado de una entidad en un intervalo se denomina **actividad**. Si los eventos que acotan la actividad causan cambios, el estado de la entidad se denomina **actividad objeto**. El conjunto de operaciones que transforman el estado de una entidad se denominan **acciones**. Un **proceso** describe la sucesión de estados por los que pasa una entidad durante su vida en el sistema.

Puesto que la evolución del modelo en el tiempo implica estructuras lógicas complejas de sus elementos, se necesitan estrategias para describir esta evolución. Los eventos que definen tal evolución se generan en distintos instantes y el paso del tiempo se controla mediante un **mecanismo de reloj** o **reloj de la simulación**. Esencialmente hay dos tipos de mecanismos de reloj, que identifican dos estrategias de simulación:

- Simulación síncrona u orientada a intervalos: En este método, el tiempo de simulación avanza según pasos fijos Δt (figura II.4). Este tipo de simulación será la empleada en el simulador desarrollado en esta investigación.
- Simulación asíncrona u orientada a eventos: El tiempo de simulación avanza del instante actual t al instante t' del siguiente evento. El diagrama es similar al anterior (figura II.4) con la diferencia de que el cambio de estado se obtiene cuando se produce un evento. Ejemplos típicos de este tipo de simulación serían la simulación del funcionamiento de un microprocesador o la de un sistema de espera (modelos de colas).

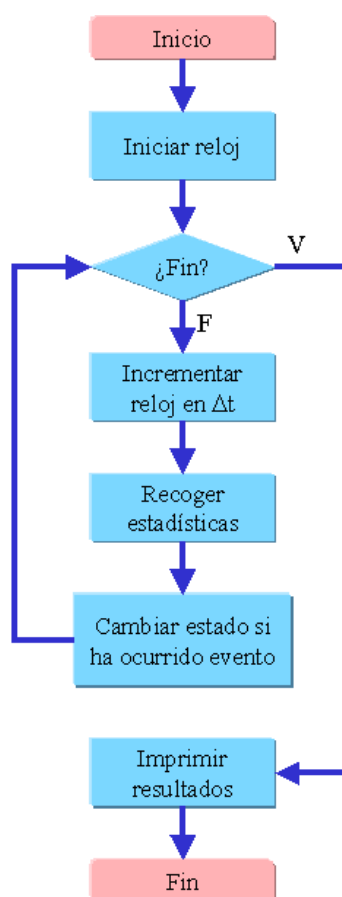


Figura II.4. Simulación con incremento de tiempo uniforme.

II.4.2. Sistemas de aprendizaje basados en Simulación

La simulación es una herramienta al servicio del aprendizaje. El diccionario de la R.A.L. define *aprender* como la “adquisición del conocimiento de alguna cosa por medio del estudio o de la experiencia”. Estas experiencias no siempre se pueden llegar a cabo en la vida real y para ello se utiliza la simulación por ordenador. Algunas de sus principales ventajas son:

- Potencia la exploración y el descubrimiento.
- Estimula el aprendizaje.
- Refuerza y enriquece el conocimiento adquirido.
- Permite ahorrar tiempo y dinero.
- Permite la enseñanza individualizada y la autoevaluación.

Según Verdejo (1997), en los entornos de aprendizaje mediante ordenador la simulación sirve para crear, experimentar y visualizar situaciones y modelos cuantitativos de la realidad. El uso de un simulador potencia el aprendizaje por descubrimiento, en el que el alumno es el responsable de lo que aprende (Bravo & Ortega, 2001). El estudiante juega un papel activo en su proceso de aprendizaje y tiene una mayor autonomía, decidiendo qué hacer y analizando las consecuencias de sus decisiones. Como indica Rushby (1988), la simulación se basa en que el alumno se pregunte “¿qué ocurrirá si...?”, e indague sobre la respuesta más ajustada al modelo. Además del descubrimiento, se potencia la exploración y se incentiva al estudiante que tiene iniciativa. Por su naturaleza,

los entornos de simulación permiten su ejecución sin la supervisión, al menos síncrona, del profesor, produciéndose un tipo de educación abierta. Este grado de libertad en la adquisición de conocimiento no propone ningún mecanismo ordenado, ni pautas que deban seguirse, lo que puede llegar a frustrar al aprendiz en algunos casos, no lográndose los objetivos de apoyo previstos. En este caso el profesor pasa a ser un consejero en aquellas situaciones en que el alumno duda en su actuación (Paper, 1987). De esta manera se fijarán con más firmeza los conocimientos, frente al tradicional aprendizaje comunicado en el que se facilitan las instrucciones sobre el dominio. El modelo educativo subyacente en los programas de simulación es esencialmente el modelo constructivista, en el que es el estudiante el que a partir de su propia experiencia va construyendo su propio aprendizaje.

Por estas razones los entornos de simulación son el marco perfecto para la educación a distancia. El profesor puede realizar diferentes labores (Bravo & Ortega, 2001):

- Dar las correspondientes instrucciones iniciales para el uso del entorno.
- Definir los entornos más idóneos que faciliten el aprendizaje del dominio.
- Realizar controles periódicos para evaluar y conducir al alumno.
- Poder tener acceso a la traza de la simulación de los alumnos en cada una de las fases.
- Poder comunicar al alumno de manera asíncrona las diferentes observaciones que considere (tutorización).
- Poner en contacto a diferentes alumnos y sus soluciones de manera que se facilite el trabajo cooperativo.

Es preciso tener en cuenta que la actuación solitaria del alumno frente al entorno de simulación puede conducir en muchos casos al rechazo por cualquiera de la siguiente causas:

- Entorno de usuario poco amigable.
- Dificultad para el avance en algún punto (por ejemplo, no saber cómo continuar).
- Atascos en algún punto (no saber cómo continuar).
- Falta de comunicación con el profesor.
- Instalación complicada o defectuosa.
- Poca ayuda del entorno.
- Falta de ejemplos resueltos.

Podemos hablar de tres tipos de entornos de simulación:

- Entornos simples: Se caracterizan por tener un objetivo fijo, es decir, el usuario sólo podrá interactuar con el entorno.
- Entornos en los que se diseña el escenario para el caso de estudio: Además de realizar sus funciones, permiten al alumno diseñar el marco donde se realizará la simulación, esto es, el escenario. En este tipo de entornos el alumno, por lo general, deberá recorrer tres pasos hasta completar el aprendizaje por simulación del dominio a estudio: edición, enlace y simulación (Bravo & Ortega, 2001).
- Metaentornos: Es el tipo de entorno más complejo de todos, ya que engloba a los anteriores y, además, permite al profesor crear el caso de estudio que puede ser de diversa índole.



Figura II.5. Modelo conceptual de los entornos de aprendizaje.

No hay un estándar que defina cómo se debe diseñar un sistema de aprendizaje de estas características. Pero puede seguirse un modelo conceptual (figura II.5) constituido por las siguientes partes (Jonassen et al, 1999):

- **Espacio del problema:** El sistema debe presentar al alumno el problema que debe resolver clarificando el ámbito del mismo. Esta presentación se realiza desde tres puntos de vista:
 - El contexto del problema.
 - La simulación.
 - La manipulación del problema.
- **Casos relacionados:** Un experto, para resolver un problema, normalmente extrae una representación mental del mismo y a continuación, inconscientemente, comprueba en su memoria casos parecidos para extraer una solución. Está claro que la experiencia vivida en situaciones familiares es un factor importante para la resolución del problema. Por lo tanto, el sistema debe mostrar un abanico de problemas relacionados con el problema que tiene que solucionar el alumno.
- **Fuentes de información:** Debe haber un banco de información como ayuda al aprendiz sobre cualquier disciplina que pueda ser necesaria para la resolución del problema. Para albergar esta información se utiliza material de almacenamiento multimedia (documentos de texto, gráficos, sonido, vídeo, animaciones, etc.). Estas fuentes de información provienen de la recopilación de datos que crea el alumno al realizar pruebas y experimentos, accesos a sitios web que traten sobre el problema que está resolviendo, bases de datos que proporciona el propio sistema, servidores de universidades, laboratorios de investigación de empresas y los sitios web que crean los propios alumnos.
- **Herramientas cognitivas:** La solución del problema conlleva la realización de una serie de tareas. Esto implica que el aprendiz debe tener unas habilidades para realizarlas, y si no las posee, el sistema debe proporcionarle un conjunto de herramientas de complejidad progresiva para que las pueda adquirir.

- Herramientas para la conversación y soporte del entorno: El sistema de aprendizaje debe ofrecer métodos de comunicación para soportar conversación y colaboración entre los aprendices. Esto es importante porque así éstos pueden conocer otros puntos de vista sobre el problema y abrir así nuevos horizontes. El objetivo de estas herramientas es dar acceso a la información distribuida y así poder construir un conocimiento colaborativo distribuido socialmente.

La elección del problema a resolver es muy importante. No debe tener una única solución (como es típico en los sistemas clásicos), de forma los alumnos no estén obligados a encontrarla de forma unívoca. Es conveniente que no sea necesario que el problema tenga que converger siempre a una respuesta correcta. También deberá ser suficientemente complejo como para que las soluciones no sean triviales. El problema lo va a resolver el propio alumno y el sistema lo único que hace es darle soporte. Los sistemas de aprendizaje con simulación más recientes tratan sobre problemas complejos, ambiguos y con un elaborado proceso de resolución, es decir, tal y como ocurre en la vida real.

II.4.3. Simulación basada en la Web y Aprendizaje a Distancia

La WWW emergió en 1990 como un potente medio tecnológico que, combinado con los navegadores y las extensiones *plug-in* (*ShockWave*, *QuickTime* y *QuickTime VR*), proporciona un potente soporte multimedia para los programas, incluyendo los de simulación. La popularidad que está obteniendo Internet y el creciente número de ordenadores que están conectados a ella está haciendo que muchas disciplinas estén reconsiderando sus técnicas tradicionales para adaptarlas a las nuevas tecnologías (Page et al, 2000). Una de estas disciplinas es la Simulación.

La Simulación Basada en la Web es un marco efectivo para un aprendizaje más activo. Surgió a mediados de los 90, con tres artículos presentados en la 1996 Winter Conference. Dos de ellos presentaban simulaciones basadas en el lenguaje Java (Buss & Uhrmacher, 1996; Nair et al, 1996), y el tercero (Fishwick, 1996) se considera como el inicio de los posteriores desarrollos de los conceptos de simulación basada en la Web.

Dentro de la Simulación Basada en la Web se consideran las siguientes áreas (Page, 1998):

- Simulación como un elemento hipermedia más: Utilización de simulaciones junto con texto, imágenes, vídeo, etc.
- Modelado distribuido: Este área incluye investigación en el desarrollo de herramientas y entornos que soporten el diseño colaborativo y distribuido de modelos de simulación a través de Internet.
- Ejecución distribuida: Se incluyen actividades que usan Internet como infraestructura para el soporte de simulaciones distribuidas.
- Acceso remoto a simulaciones: Dependiendo de cómo se acceda a los programas de simulación remotos se pueden distinguir varios casos:
 - Servidor grueso (*thick server*): Los programas de simulación se ejecutan en el servidor, programándose en cualquier lenguaje accesible mediante CGI (*Common Gateway Interface*).
 - Cliente grueso (*thick client*): Las herramientas de simulación se tienen que precargar o descargar en cada cliente y se ejecutan en éste.
 - Enfoque basado en navegador: Los modelos se integran con las páginas HTML y se ejecutan como *applets* Java.

- Simulación de la Web: Modelado y análisis de la Web para la optimización y caracterización de su rendimiento.

De acuerdo con Page & Oppen (1999) el uso de la Web para la simulación está haciendo surgir una serie de problemas y cuestiones interesantes:

- Proliferación de objetos digitales: En un futuro los vendedores y fabricantes emplearán objetos físicos en los modelos de simulación y estarán disponibles a través de la Web.
- Proliferación de estándares (UML, XML, CORBA, etc.): La evolución de ciertos estándares es crucial para el desarrollo de los conceptos de interoperabilidad y modelado por composición, muy importantes en la simulación basada en la Web.
- Construcción de modelos por composición: En una Web poblada de objetos digitales sería natural la búsqueda de objetos con los que construir el modelo de simulación.
- Resolución de problemas mediante el método de prueba y error: El uso de la Web proporciona un enfoque interactivo a la resolución de problemas, tanto en las ejecuciones de la simulación como en el diseño de simulaciones mediante composición.
- Uso de simulaciones por no expertos: Las simulaciones a través de la red estarán disponibles para un gran número de personas, que en su gran mayoría no serán expertos en simulación.
- Sistemas multilinguaje: La construcción de modelos por composición dará lugar a sistema multilinguaje, ya que en la Web habrá una gran heterogeneidad en los lenguajes en los que se han implementado los objetos.

La necesidad de utilizar la simulación como recurso en una enseñanza de tipo no presencial o semipresencial ha llevado al desarrollo de entornos de simulación basados en web donde el uso del simulador se integra en un proceso global de aprendizaje.

II.4.4. Simulación Colaborativa por Computador

Cuando nos enfrentamos a dominios que requieren de la simulación, la actividad colaborativa es casi siempre necesaria (Kafai & Ching, 1998) para afrontar la resolución de problemas de diseño complejos y efectuar un aprendizaje satisfactorio. Según Guzdial et al (1996), al incorporar la colaboración en las actividades de resolución de problemas se facilita tanto una adecuada ejecución como una reflexión para el aprendizaje:

- Los grupos de estudiantes pueden resolver problemas más interesantes y complejos que los individuos.
- Los estudiantes que trabajan en grupos necesitan expresar diseños, críticas y argumentos a otros miembros del grupo, alentando el tipo de reflexión que dirige al aprendizaje.

Por todo esto, parece interesante la utilización de los principios y beneficios del CSCL en situaciones de aprendizaje que hagan uso de la simulación. Denominamos a esta simbiosis Simulación Colaborativa por Computador (SCC) (Bravo et al, 2000b; Bravo et al, 2002).

Es importante definir algunos tipos de simulaciones que pueden confundirse con este nuevo término o que presentan semejanzas con él. La **simulación interactiva** es una reproducción de la realidad, que estimula la curiosidad científica y la práctica de la investigación; también es un medio para explorar, comprender y comunicar ideas complejas (Turkle, 1995). Las simulaciones interactivas permiten al usuario interactuar

con el modelo, de manera que pueda cambiar parámetros y detener y continuar la simulación. En la **simulación distribuida** diferentes simuladores actúan como elementos de una simulación distribuida de mayor escala (Loper & Seidensticker, 1994). La **simulación paralela** es la ejecución de programas de simulación (de eventos discretos) en un sistema multiprocesador o red de estaciones de trabajo. Un tipo de simulación muy parecido al que proponemos es la **simulación participativa**, en la que los participantes son agentes en una simulación de mayor escala, son jugadores de un juego soportado por ordenadores (Stevens, 1998). Estos tipos de simulaciones no son excluyentes. La simulación distribuida es también participativa, y ambas pueden ser interactivas.

II.4.5. Algunos entornos de Simulación Colaborativa

A continuación se describen algunos sistemas aplicados a la enseñanza que hacen un uso conjunto de estrategias de colaboración (CSCW/CSCL) y de la simulación. Las características más interesantes son el tipo de estrategias que emplean y cómo las soporta el sistema y el tipo de simulación que se realiza. Los sistemas que estudiaremos a continuación son ERCIS, SESAM, SIMPLE, WebNet, LESP y TurboTurtle. Algunos de estos sistemas son descritos con mayor detalle por Bravo et al (2002).

ERCIS (Berglund & Eriksson, 1999) es un sistema de EGD (Ejercicios de Grupos a Distancia) que soporta la enseñanza en el manejo de la unidad de misiles RBS-70 mediante la creación de una SID (Simulación Interactiva Distribuida) en un entorno de grupo. En la SID, originaria de las aplicaciones militares, simuladores de diferentes tipos de fuerzas se conectan para formar situaciones de batalla, formando una simulación distribuida de mayor escala (Loper & Seidensticker, 1994). SESAM¹¹ (*Software Engineering by Simulation of Animated Models*) (Schneider & Nakakoji, 1995), creado por la Universidad de Stuttgart, es un entorno de aprendizaje de la Ingeniería del Software basado en simulación desarrollado para estudiar los conceptos de esta disciplina y cómo aplicarlos a situaciones prácticas. Para ello, un constructor de modelos (profesor) y un jugador (alumno) construyen, validan y refinan un modelo de proyecto de software, simulando productos software, documentos de diversos tipos, participantes ficticios y la evolución del proyecto en el tiempo. SIMPLE (*Simulated Processes in a Learning Environment*) es un entorno de aprendizaje de la Ingeniería basado en simulación. Contiene un sistema llamado VacSim (Plaisant et al, 1999) diseñado para enseñar los principios básicos de la tecnología de las bombas de vacío necesarias para la fabricación de semiconductores. WebNet¹² (Stahl, 2000) es un entorno de diseño de redes de área local basado en un *applet* de simulación en AgentSheets (Repenning, 1994). Dentro del proyecto CoSim¹³ se ha diseñado un entorno de simulación denominado LESP¹⁴ (*Learning Environment for Simulation of Particulate models of matter*) para el aprendizaje de la naturaleza de la materia como conjunto de partículas. TurboTurtle¹⁵ (Cockburn & Greenberg, 1998) es un micromundo multiusuario dinámico para la experimentación de la física newtoniana.

¹¹ <http://www.informatik.uni-stuttgart.de/ifi/se/research/sesam/>

¹² <http://orgwis.gmd.de/~gerry/previous/webnet>

¹³ <http://paeps.psi.uni-heidelberg.de/cosim/index.html>

¹⁴ <http://www.uni-essen.de/chemiedidaktik/LESP/bestellen.html>

¹⁵ http://www.cpsc.ucalgary.ca/grouplab/project_snapshots/turboturtle/turbo.html

De acuerdo a las aproximaciones mencionadas en el apartado anterior, SESAM es un sistema de simulación participativa, ERCIS se basa en la simulación participativa y distribuida y LESP, SIMPLE, WebNet y TurboTurtle no siguen ninguna aproximación concreta desde nuestro enfoque.

En relación al tipo de modelado incorporado vemos que hay sistemas de dos tipos. En un primer grupo se encuentran los sistemas en los que se construye el modelo a simular; en unos casos el modelo diseñado responde al enunciado de un problema y en otros hay un modelado libre de carácter experimental no sujeto a ningún objetivo. Sistemas de este tipo son SESAM y LESP. El segundo grupo de sistemas está formado por aquellos en los que el modelo va implícito en el sistema y no puede ser alterado ni creado por los estudiantes. En este caso, la única intervención posible de los alumnos consistirá en cambiar el valor de algunos parámetros para influir en la simulación. ERCIS, SIMPLE, WebNet y TurboTurtle son sistemas de este tipo. Además del tipo de modelado, los sistemas de simulación también se clasifican en aquellos que persiguen con la simulación la resolución de un problema y en aquellos en que la simulación es libre y tiene puramente un carácter experimental.

En cuanto a las estrategias de colaboración relacionadas con la simulación, la mayoría de los sistemas acometen una simulación individual que puede registrarse para ser intercambiada por los diferentes usuarios (profesores y alumnos). Ofrecer a los aprendices esta grabación de sus acciones puede ayudarles a monitorizar su comportamiento, reflexionar sobre su progreso y experimentar con revisiones de sus experiencias. A este conjunto de acciones se le denomina traza. Las trazas facilitan el aprendizaje colaborativo: los estudiantes revisan el trabajo de otros estudiantes o construyen contribuciones sobre las efectuadas por otros. Esta aproximación consistente en ofrecer al usuario el registro de sus acciones difiere del enfoque de los entornos de aprendizaje por ordenador tradicionales, que monitorizan y analizan las acciones del usuario con el objetivo de categorizar su comportamiento y prescribir lecciones o ejercicios. De esta forma proceden SIMPLE, WebNet y LESP, que materializan el intercambio de la traza mediante el envío de ficheros con herramientas asíncronas como el correo electrónico. Adicionalmente pueden ofrecerse otras herramientas asíncronas, como el glosario interactivo de WebNet, para completar el soporte colaborativo.

En SESAM la colaboración entre profesores (constructores) y estudiantes (jugadores) se realiza mediante la compartición de argumentos y experiencias y mediante la discusión sobre el registro de las acciones tomadas durante la simulación. En este caso la colaboración es síncrona y asíncrona. En ERCIS la colaboración viene dada por el carácter distribuido de la simulación, en la que los diferentes participantes ejecutan un simulador que es parte de la simulación global. ERCIS tiene dos componentes principales: los simuladores de equipos y el servidor de simulación. El servidor de simulación controla un micromundo del entorno de grupo, incluyendo simulación de aeronaves, campo de prácticas e información geográfica. TurboTurtle se basa en una simulación síncrona en la que varios estudiantes, cada uno en su propio ordenador, controlan simultáneamente el micromundo en una visualización compartida. Se trata de una simulación colaborativa muy parecida a la del sistema DomoSim-TPC desarrollado en esta investigación.

II.5. Reflexión

El avance de las Nuevas Tecnologías está produciendo una serie de cambios paradigmáticos en aquellas disciplinas que se aprovechan de la tecnología para soportar y mejorar los procesos de trabajo. Los sistemas de CSCW y de *groupware* representan un cambio en el paradigma actual, que enfatiza las comunicaciones, la resolución de problemas y la interacción persona-persona en lugar de la coordinación persona-ordenador. Estos sistemas se empiezan a imponer de manera natural para asistir a los trabajadores en la realización de sus tareas en grupo. Actualmente, sistemas como el correo electrónico y la videoconferencia son ampliamente utilizados tanto en ambientes laborales como educativos. No obstante, los sistemas de CSCW tienen que superar todavía algunas dificultades. Hemos enunciado algunas barreras que los científicos tienen todavía que superar. Es necesario desarrollar sistemas para la colaboración en tiempo real, superando los problemas que supone el trabajo remoto entre personas que no se ven y que, por ejemplo, no perciben la información que ofrece el lenguaje corporal y que sí se tiene en la interacción cara a cara. Internet no es aún el medio adecuado sobre el que utilizar estos sistemas, debido a la falta de infraestructuras y a las dificultades técnicas que impiden disfrutar de los rendimientos deseados, aunque hay que desarrollar ahora los sistemas colaborativos para que estén maduros cuando la red Internet tenga más prestaciones.

Dentro de los sistemas de CSCW son particularmente interesantes para nosotros los sistemas de diseño, que permiten a equipos de trabajo con integrantes repartidos en diferentes localizaciones trabajar en el desarrollo de productos o en la realización de proyectos. Esto está permitiendo mejorar la productividad en las organizaciones, que además reducen costes al disminuir los desplazamientos de los empleados. Por ejemplo, el CSCW se está aplicando con éxito en el Diseño Concurrente, en el Diseño Iterativo y en los Equipos de Mejora Continua.

El CSCL es un nuevo paradigma en el campo de la enseñanza que se basa principalmente en una visión socio-cultural de la cognición. Se fundamenta en el modelo del Aprendizaje Colaborativo y utiliza la tecnología como mediador en la situación de aprendizaje. Principios como el Constructivismo y adecuados métodos instruccionales se han aplicado con bastante éxito para desarrollar sistemas en situaciones de aprendizaje en grupo. No obstante, aún se requieren sistemas que ofrezcan más ayuda a los profesores, en forma de herramientas de autor y de evaluación y análisis de los procesos de aprendizaje. También se requieren entornos integrados contruidos sobre arquitecturas genéricas y flexibles. Muchas de las experiencias que se han desarrollado han utilizado herramientas *groupware* genéricas, como el correo electrónico, y han ofrecido un grado de colaboración poco significativo.

Los sistemas de aprendizaje basados en simulación constituyen una prometedora aproximación para el aprendizaje mediante resolución de problemas. Son sistemas que se encuentran en una fase incipiente, quedando todavía mucho por investigar en esta línea. Sus principales características, la resolución de problemas y la simulación de fenómenos, proporcionan un mecanismo ideal para que el aprendiz esté activo, constructivo y con iniciativa durante todo el proceso de aprendizaje, propiciando de esta forma que se involucre participativamente. Se han realizado algunas propuestas que incorporan procesos colaborativos en situaciones de simulación, pero aún queda mucho por hacer en esta dirección para ofrecer simulaciones interactivas que permitan a participantes remotos gobernar y seguir la simulación en tiempo real.

Creemos que estos paradigmas están en una etapa de inmadurez y que se requiere un paso más allá donde se integren las ventajas y los usos que todos implican. En el caso de las aplicaciones de enseñanza, por ejemplo, los sistemas de CSCL deben incorporar técnicas provenientes del CSCW y del *Groupware* con el fin de ofrecer herramientas educativas más interactivas, dinámicas y de mayor rendimiento. Desde el campo de la simulación hay que enriquecer las aplicaciones de CSCL con simuladores que permitan la interacción colaborativa. Este enfoque multidisciplinar es necesario para construir entornos colaborativos que sean realmente productivos. Se trata de considerar todos los aspectos de estas disciplinas e integrarlos en arquitecturas y modelos genéricos, a partir de los cuales desarrollar productos que satisfagan los requisitos de los usuarios en un proceso de ingeniería.

En esta investigación queremos dar respuesta a toda esta problemática. Para ello se propondrá una arquitectura genérica y un modelo de interacción flexible desde los que construir aplicaciones para el trabajo y aprendizaje colaborativo a distancia. En el entorno informático construido se modelarán actividades de diseño desde un punto de vista realista. Los sistemas desarrollados se basarán en la interacción distribuida síncrona, funcionarán sobre tecnología WWW estarán soportados por una arquitectura de comunicaciones centralizada. El entorno se basará en los métodos del PBL y del LBD e incluirá un Simulador de Eventos Discretos, constituyendo un sistema completo de SCC.

En este capítulo se han estudiado los sistemas más representativos en cada área relacionada con esta investigación. Los sistemas de CSCW se han descrito caracterizando el modelo técnico de datos en que se basan, los mecanismos de estructuración que emplean y cómo son estos sistemas utilizados. Nos hemos aproximado a diferentes sistemas de CSCL estudiando también el modelo técnico de datos subyacente y los mecanismos de estructuración, así como los métodos de análisis que utilizan. Los sistemas de SCC se han clasificado en función de las estrategias de colaboración que emplean y del tipo de simulación que permiten realizar. Estos sistemas se compararán con DomoSim-TPC en la sección IV.6.

CAPÍTULO III. Dominio de Aprendizaje: la Domótica

En este capítulo se describe el dominio al que se ha aplicado esta investigación. En primer lugar se hará un recorrido conceptual de la Domótica y se darán algunas definiciones. Se tratará de justificar su complejidad presentando los diversos sistemas comerciales que suponen soluciones para la Domótica. A continuación se hace un repaso de los estudios de Domótica en enseñanzas medias y universitarias en España. Posteriormente se hace una descripción detallada de nuestra visión de la Domótica como materia a estudio. Finalmente damos algunas directrices sobre como deben ser los problemas de diseño para el aprendizaje de las técnicas de diseño que emanan de la Domótica.

III.1. Domótica

Etimológicamente la palabra domótica fue acuñada en Francia, país pionero en el tema. El término procede de la conjunción de *domus* (casa) y *robótica* (Asencio, 1997). A lo largo de este texto haremos referencia al mismo concepto como “Automatización Integral de Viviendas y Edificios”.

III.1.1. Orígenes y situación actual

Por establecer un punto de partida en la evolución de los sistemas de automatización aplicados a los edificios y las viviendas hay que remontarse prácticamente a la antigüedad y recoger aquellos artificios y sistemas que se utilizaron en las viviendas con el fin de proteger a sus moradores tanto de los cambios climáticos como de los posibles intrusos (Molina & Ruiz, 1999). A lo largo de la historia han sido numerosos los avances técnicos en este campo, pero mención especial merece un acontecimiento fundamental: el descubrimiento y la producción de la electricidad. El progreso industrial de mediados del siglo XX fue el caldo de cultivo para desarrollar e implantar sistemas automáticos de control en los edificios y en las viviendas, logrando el gobierno de instalaciones como las de la calefacción, el aire acondicionado, la telefonía, etc. Todos estos automatismos diseñados para plantas industriales pudieron ser aplicados en viviendas y edificios, iniciándose una etapa en la que se fueron automatizando de manera autónoma distintos servicios y sistemas en los edificios. El progreso en paralelo de tres grandes áreas de la tecnología (telecomunicaciones, electrónica e informática) hizo posible en los años setenta el desarrollo de lo que actualmente se conoce como Domótica.

Los orígenes de la Domótica en España se pueden situar en torno al año 1990, fecha en la que se producen las primeras iniciativas y estudios prospectivos principalmente llevados a cabo por el Institut Cerdà.

Así la Domótica es el resultado de la introducción de la tecnología en la vivienda, entendida ésta no como la mera inclusión de aparatos aislados sino englobando al conjunto de la casa. En los edificios inteligentes o automatizados se trata de automatizar la actividad y el entorno de trabajo para que este sea más agradable y seguro; con la Domótica la tecnología se adueña de funciones no previstas hasta ahora o realizadas de una forma manual. Una casa automatizada está gestionada por automatismos. Un automatismo es un pequeño dispositivo electrónico que realiza una función marcha/parada de una instalación dependiendo de las necesidades del usuario, previamente fijadas. En realidad se trata de un interruptor, conmutador o potenciómetro, con la salvedad de que puede recibir la señal de acondicionamiento de un aparato exterior.

Es evidente que estamos ante las puertas de un avance tecnológico de gran magnitud en el que se aúnan una serie de técnicas entre las que podemos citar la construcción, los sistemas de regulación, la Informática, la transmisión de datos, la Electrónica y Electrotecnia, y sobre todo las comunicaciones a través de las redes Internet, intranet o extranet, de tal manera que en un futuro próximo se demandará a nivel de vivienda convencional la instalación de mecanismos que hagan nuestra vida más fácil y cómoda en aspectos como son el control de la seguridad, el confort, las comunicaciones y el consumo energético (Ruiz et al, 1995).

La Domótica, en un futuro cercano, será parte integrante de cada vivienda de igual manera que hoy lo es por ejemplo la instalación eléctrica. Sus operadores serán tan comunes como los interruptores de luz, los termostatos o los enchufes de toma de corriente, pero, a diferencia de los actuales, éstos tendrán cierta capacidad para reaccionar por sí solos ante estímulos tanto ambientales como humanos. Esta capacidad de reacción les permitirá comunicarse con otros operadores a los que estarán interconectados haciendo que reaccionen ante tales estímulos.

No obstante, el aprendizaje de las técnicas relacionadas con el diseño de instalaciones para la automatización de viviendas y edificios constituye una tarea ardua y desalentadora en algunos casos. Son muchas las disciplinas involucradas en el diseño de este tipo de instalaciones, y que por tanto hacen depender, de una forma u otra, la calidad de la solución obtenida. A continuación se citan algunas de estas disciplinas:

- Diseño.
- Sistemas y mecanismos de comunicación.
- Electrónica y Electricidad.
- Reglamentaciones, normas y estándares.
- Control y automatización.
- Estática y Dinámica de Sistemas.
- Elementos y componentes hardware
- Servomecanismos
- Principios de Interacción Persona-Ordenador.

Podemos concluir destacando la imponente visión multidisciplinar del dominio que hemos elegido y justificar nuestros modelos, estrategias y teorías.

III.1.2. Definiciones

Existen muchas definiciones elaboradas por los diversos expertos en el tema. No existe una única definición y prácticamente cada autor aporta la suya. Destacamos, a continuación, algunas de las que nos han parecido más expresivas:

- *Una vivienda domótica es aquella que permite una mayor calidad de vida a través de la tecnología ofreciendo una reducción del trabajo doméstico, un aumento del bienestar y de la seguridad de sus habitantes y una racionalización de los distintos consumos* (Institut Cerdà).
- *Conjunto de elementos que, instalados, interconectados y controlados automáticamente en una vivienda, liberan al usuario de acciones rutinarias de cada día y proporciona al mismo tiempo la optimización en el confort, el consumo energético, la seguridad y las comunicaciones* (Bravo, 1999a).
- *Conjunto de servicios de la vivienda garantizado por sistemas que realizan varias funciones, los cuales pueden estar conectados entre sí a redes interiores y exteriores de comunicación. Gracias a ellos se obtienen un notable ahorro de energía, una eficaz gestión técnica de la vivienda, una buena comunicación con el exterior y un alto nivel de seguridad* (Asencio, 1997).

Cabe definir algunos otros conceptos fundamentales en la materia que nos ocupa como son:

- Automatizar: Acción que implica el empleo de sistemas de control capaces de sustituir parcial o totalmente al hombre en determinadas tareas, ejerciendo sus funciones de forma fiable y satisfactoria. La automatización emplea el término inteligencia para asegurar que las tareas que se encomiendan sean eficaces y oportunas.
- Sistema de control: Un sistema de control es aquél que insertado en un escenario dinámico es capaz de realizar unas actuaciones mediante el uso de una serie de flujos energéticos que controla en función de unas variables ambientales denominadas entradas, modificando el estado de una serie de variables denominadas salidas y que, además, debe permitir actuar sobre él modificando su comportamiento mediante unas variables llamadas consigna o parámetros. Entre los elementos que conforman un sistema de control cabe citar los siguientes:
 - Controladores o reguladores: Son los elementos encargados de generar señales o información de gobierno de los actuadores, en función de las señales o información de entrada procedente de los receptores. El tratamiento de las señales lo lleva a cabo bajo cierto algoritmo de regulación que supone el modelo matemático del sistema.
 - Receptores: Elementos capaces de detectar la variación de una magnitud física y convertirla en otra magnitud también física, normalmente eléctrica. Se les suele denominar sensores.
 - Actuadores: Se trata de elementos que ejercen de interfaces de potencia, convirtiendo magnitudes físicas, normalmente de carácter eléctrico en otro tipo de magnitud física que permite actuar sobre el medio o proceso a controlar. Al mismo tiempo, aíslan la parte de control del sistema de las cargas que gobiernan el proceso.
 - Generadores de consigna: Elementos que generan información o señales de entrada a un controlador que no proceden de los receptores, y que sirven para fijar los valores de consigna o deseados del sistema.

- Acondicionadores de señal: Se trata de un elemento intermedio, normalmente un circuito eléctrico, cuya misión es precisamente el acondicionamiento de las señales, en general entregadas por los receptores, para su posterior procesamiento en otros elementos.
- Medidores o captadores de señal de salida: Su misión es la de capturar las señales de las variables de salida del sistema y medirlas, realimentando las señales de salida a la entrada del controlador.
- Áreas de gestión: Clasificación, desde el punto de vista práctico, de los servicios y posibilidades que puede ofrecer un sistema.

III.1.3. La Domótica a nivel mundial

Trataremos de describir la situación actual en distintos frentes geográficos: Estados Unidos, Japón y Europa.

En Estados Unidos se está adoptando una orientación hacia el hogar interactivo e intercomunicado, con servicios como teletrabajo, teleenseñanza, etc. Ha sido el primer país en promover y realizar un estándar para el hogar domótico, el CEBus (*Consumer Electronic Bus*), al que se han adherido mas de 17 fabricantes americanos (AT & T, Johnson, Tandy, Panasonic y otros). Además, en 1984 se lanzó el Proyecto Smart House, originado por la NAHB (*National Association of Home Builders*). El principio esencial de Smart House es la utilización de un cable unificado que sustituye a los distintos sistemas que pueden existir en una vivienda actual: electricidad, antenas, periféricos de audio-vídeo, teléfono, informática, alarmas, etc. Este proyecto necesitaba de una fuerte y meditada estrategia de marketing que se desarrolló en varias fases: inicialmente las Casas-Laboratorio (2 en la ciudad de Washington), con posterioridad las Casas-Prototipo (15 en distintos estados) y, en último término, las Casas-Demostración (100 repartidas por todo el país). El precio medio de la domótica incorporada a estas viviendas representaba en torno al 2 % del coste total de la casa.

En Japón los estudios oficiales hablan de un mercado domótico de 140 mil millones de pesetas en la actualidad, cifra que se elevará a 540 mil millones dentro de 10 años. Según datos de 1990, se estima que las instalaciones domóticas sobrepasan la cifra de 600.000, y para comienzos de este siglo se prevé que funcionen en el país ocho millones de instalaciones domóticas. En la actualidad la orientación japonesa no es hacia el hogar interactivo, como en el caso de Estados Unidos, sino hacia el hogar automatizado. La tendencia es incorporar el máximo de aparatos electrónicos de consumo (equipos de audio, vídeo, TV, fax, etc.), pero sin conexión exterior. La asociación más activa es la EIAJ (*Electronic Industries Association of Japan*) con su proyecto de bus. En el principal proyecto de demostración se realizó una proyección sociológica en el tiempo, es decir, que la casa fue preparada para simular el modo de vida de la próxima generación. Sin embargo, esto produjo cierto rechazo popular y un receso en el proyecto en un país con evoluciones sociológicas tan lentas.

En una posición central se encuentra Europa, donde las iniciativas domóticas empezaron en el año 1984. Dentro del programa Eureka seis empresas europeas iniciaron el primer proyecto IHS (*Integrated Home System*) que fue desarrollado con intensidad en los años 87-88 y que dio lugar al programa ESPRIT (*European Scientific Programme for Research & Development in Information Technology*), con el objetivo de continuar los trabajos iniciados bajo el proyecto Eureka. El objetivo final pasaba por definir una norma

de integración de los sistemas electrónicos domésticos y analizar cuales son los campos de aplicación de un sistema de estas características. De este modo se pretende obtener un estándar que permita una evolución hacia las aplicaciones integradas de la vivienda. El programa ESPRIT ha pasado por diversas fases, cada una de las cuales ha supuesto la incorporación de nuevas empresas y en este momento podemos decir que se encuentran representados todos los países de la Comunidad Europea.

El desarrollo de la Domótica en Francia ha alcanzado un nivel realmente satisfactorio. Además de los esfuerzos llevados a cabo en materia de normalización, se ha conseguido involucrar en este tema a asociaciones de constructores, industria eléctrica, electrónica e informática, compañías suministradoras de energía, etc.

Hay que hacer constar que la plena comercialización de un sistema de vídeo-texto interactivo (como es el caso del Minitel) ha permitido el desarrollo y adaptación de muchos componentes a los sistemas domóticos. Se han ido realizando importantes aportaciones prácticas (Casa Lyon Panorama, proyecto HD2000, etc.).

En España la iniciativa más importante la están realizando las empresas eléctricas y Telefónica I+D, que vienen participando en acciones de investigación, promoción y desarrollo de las viviendas domóticas que tiene como finalidad dar a conocer las características y el modo de funcionamiento de los elementos que conforman un sistema domótico.

Debemos ser conscientes de que en el nacimiento de cualquier nueva tecnología o servicio el grado de implicación de la parte técnica es alto y su uso se tiende a complicar por la incorporación de cientos de funciones, programaciones, etc. En el caso de servicios o sistemas orientados a usuarios finales, esta tendencia agrava la situación porque el usuario se encuentra ante un sistema que técnicamente puede ser muy aceptable pero que en la práctica, ante cualquier evento, puede producirle confusión, desconcierto y, finalmente, rechazo. Efectos que pueden intentar paliarse mediante una buena formación y conocimiento del dominio, que facilite la definición de diversos criterios (técnicos y de interacción con el usuario) para ser tenidos muy en cuenta por los profesionales destinados a implantar esta nueva tecnología.

III.2. Sistemas comerciales

Para describir los sistemas comerciales que dan solución al problema de la Domótica describiremos una posible clasificación de los mismos, eligiendo un representante de cada clase que utilizaremos para extraer las características de dicha clase.

Para clasificar los sistemas se pueden utilizar diversos criterios, pero, cada vez más, los distintos fabricantes y los diseñadores de aplicaciones se inclinan hacia un tipo de clasificación que tiene que ver con dos conceptos: el medio de comunicación de las señales y la centralización del control. Con estos criterios es posible dividir los sistemas de control aplicados a viviendas y edificios en sistemas por corrientes portadoras, sistemas mediante controladores programables y sistemas mediante bus. Sus principales características se muestran en la tabla III.1 (Molina & Ruiz, 1999).

Sistema Técnico	Medio de transmisión	Tipo de control	Aplicación	Capacidad
Corrientes portadoras	La red eléctrica	Descentralizado	Viviendas	Baja
Controlador programable	Línea de datos dedicada	Centralizado	Pequeños edificios y viviendas	Media
Bus	Bus de datos	Descentralizado	Edificios	Alta

Tabla III.1. Características de los sistemas de control aplicados a viviendas y edificios.

Estos sistemas se materializan de distintas formas como se describe a continuación.

III.2.1. Sistemas de automatización por corrientes portadoras

Los sistemas por corrientes portadoras fueron los primeros en tener cierto eco en el mercado y, sin duda alguna, los que antes llegaron a instalarse en las viviendas y pequeños edificios (Molina & Ruiz, 1999). Sus principales características son el bajo precio (en comparación con otros sistemas) y la fácil instalación. De entre los productos comerciales construidos bajo esta filosofía sin duda el más popular y difundido es el sistema X-10. Este protocolo es un estándar para la transmisión de información por corrientes portadoras (que aparece en el mercado en 1978), de forma que cualquier sistema desarrollado con esta patente es compatible (algunos ejemplos son General Electric, Leviton Manufacturer, C&K Systems, Schlage Lock Co., etc.). Se basan en hacer coexistir por el mismo conductor señales eléctricas de corriente alterna de distinta naturaleza: la señal de información (120 kHz) y la señal de la corriente eléctrica de alimentación (50 Hz).

Las transmisiones X-10 se sincronizan con el paso por el cero de la corriente alterna. La información se codifica en binario, de tal manera que un 1 binario se representa por un pulso de 120 kHz durante 1 milisegundo, y el 0 binario se representa por la ausencia de este pulso.

En estos sistemas todos los elementos conectados van a recibir los códigos que sean enviados por los receptores, todos escucharán la señal pero uno sólo será el que obedezca las instrucciones. Este protocolo constituye el denominado telegrama, que es un conjunto de bits. Estos sistemas no tienen una línea especial que una los elementos (es la propia red la vía de comunicación) y, por otra parte, no existe un elemento especial del que dependa todo el control. Sin embargo existen controladores, temporizadores, programadores, etc. La topología del sistema es totalmente flexible, pudiendo ser dispuestos los receptores y los emisores de cualquier forma.

Es posible la instalación de interfaces para la conexión de un ordenador que posibilite la programación (horaria, mediante macros, etc.). La programación también puede realizarse de forma manual, precisándose, solamente, la asignación de códigos a cada uno de los elementos. Por otro lado, la programación mediante PC mejora la programación a la hora de establecer determinadas combinaciones con las señales de actuación y la aplicación de control de flujo (AND / OR). Una vez programada la instalación el PC puede desconectarse.

III.2.2. Automatización por controlador programable

El sistema Simon VIS (Vivienda Inteligente Simon) ha sido desarrollado por la empresa Simon para la automatización de viviendas y edificios. Se encuadra dentro de los denominados controladores programables, que basan su funcionamiento en la estructura de un PLC (autómata programable). Los controladores programables que son aplicados a la gestión técnica de viviendas y edificios tienen unas características propias que los diferencian de los PLC. En el caso de VIS poseen como sistema de control centralizado un microprocesador con una estructura convencional de memorias RAM, ROM y EEPROM y una interfaz de entrada/salida que envía por medio de dos hilos los datos en serie a los módulos de entrada/salida. Esta distribución origina que este sistema de control centralizado tenga parte de las ventajas de los sistemas de control distribuido, debido a que por medio de los buses que unen las entradas y salidas con el módulo de control se pueden distribuir a gran distancia todos los elementos que sea necesario conectar sin necesidad de llevar todo el cableado hasta el módulo de control (Molina & Ruiz, 1999).

Otra característica importante de este sistema es el software de programación, que ha sido diseñado en forma de preguntas y respuestas para que su utilización pueda ser efectuada sin contar con conocimientos profundos en el área de la Informática.

El sistema es adecuado para implantarlo en instalaciones de tamaño pequeño y mediano. Se caracteriza por tener una capacidad para atender a 128 entradas, 128 salidas y 128 temporizaciones semanales. Así mismo se considera la implantación de un módulo módem que se utiliza para transmitir una alarma desde el sistema Simon VIS a un teléfono o a un receptor de un sistema de alarmas público, así como para acceder desde un teléfono exterior a la vivienda y poder actuar sobre las salidas del sistema, pudiendo activar a distancia la calefacción, el encendido de lámparas, el horno o cualquier salida programada por el usuario.

III.2.3. Sistema técnico de automatización con bus

El Bus Europeo Internacional (EIB, *European International Bus*) nace como respuesta a la necesidad cada vez mayor de las exigencias de la instalación eléctrica, para satisfacer las necesidades de confort, seguridad, ahorro energético, control y mantenimiento a distancia de la operación y supervisión del edificio o vivienda (Molina & Ruiz, 1999).

Para resolver estas necesidades cada vez mayores se crea a principios de los años 90 la sociedad EIBA (*European International Bus Association*), que agrupa a las empresas líderes en la fabricación de productos electrónicos en el marco de la legislación belga, con sede en Bruselas. En la actualidad son 108 empresas las que participan en esta asociación (en España son empresas como Siemens, ABB Stotzkontakt, Niessen, Berker, etc.).

El objetivo de este grupo fue la creación de un sistema europeo que diese respuesta a la gestión técnica de edificios, y la solución es el EIB, diseñado con normas estándar para todos los fabricantes.

III.3. La enseñanza de la Domótica en España

En la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha la nueva Formación Profesional se ha estructurado en base a ciclos formativos que conducen a la obtención de títulos homologados por la Unión Europea. Uno de los ciclos de grado medio, perteneciente a la rama de Electricidad y Electrónica, se denomina Equipos e Instalaciones Electrotécnicas, cuyo título queda establecido por el R.D. 629/1995 (BOE 17/08/95) y el currículo asociado se define en el R.D. 196/1996 (BOE 07/03/96). A este ciclo se le adjudica, entre sus competencias generales, la formación sobre el diseño y mantenimiento de instalaciones singulares y de automatización en el entorno de los edificios destinados a viviendas. Estas competencias dan lugar a la creación de dos módulos profesionales, ambos a impartir en un segundo curso:

- Instalaciones singulares en viviendas y edificios.
- Instalaciones automatizadas en viviendas y edificios.

Estos módulos profesionales contribuyen a la formación del perfil profesional del alumno con las siguientes capacidades:

- Realización de planos, esquemas, listas de materiales y, en general, la documentación técnica de las instalaciones electrotécnicas, teniendo en cuenta las especificaciones técnico-económicas de la instalación y los programas de necesidades.
- Organización del trabajo y medios auxiliares utilizados en la construcción de los equipos e instalaciones electrotécnicas, realizando su distribución, control y registro de los datos de la producción, de las incidencias y de las anomalías surgidas.
- Mantenimiento de relaciones fluidas con los miembros del grupo funcional en el que están integrados, colaborando en la consecución de los objetivos asignados al grupo, respetando el trabajo de los demás, participando activamente en la organización y desarrollo de tareas colectivas y cooperando en la superación de las dificultades que se presenten con una actitud tolerante hacia las ideas de los compañeros y subordinados.
- Mantenimiento de comunicaciones efectivas en el desarrollo del trabajo, en especial en operaciones que exijan un elevado grado de coordinación entre los miembros del equipo que las acomete, interpretando órdenes e información, generando instrucciones claras con rapidez e informando y solicitando ayuda a los miembros que proceda del equipo cuando se produzcan contingencias en la operación.
- Capacidad de ejecución de un conjunto de acciones, de contenido politécnico y/o polifuncional, de forma autónoma en el marco de las técnicas propias de su profesión, bajo métodos establecidos.
- Resolución de problemas y adquisición de habilidades para tomar decisiones individuales siguiendo normas establecidas o precedentes definidos dentro del ámbito de su competencia, consultando dichas decisiones cuando sus repercusiones económicas o de seguridad sean importantes.

Entre los ciclos de grado superior, y en la rama de Electricidad y Electrónica, se especifica una especialidad denominada Instalaciones Electrotécnicas, cuyo título queda establecido por el R.D. 621/1995 (BOE 10/09/95) y el currículo asociado se define en el R.D. 192/1996 (BOE 09/03/96). A este ciclo se le adjudica, entre sus competencias generales, la formación sobre el diseño y mantenimiento de instalaciones singulares y de automatización en el entorno de los edificios destinados a viviendas y el diseño de equipos e instalaciones de control automático para viviendas y edificios. Estas competencias dan

lugar a la creación de tres módulos profesionales, el primero de ellos a impartir en un primer curso y el resto en un segundo curso:

- Técnicas y procesos en las instalaciones singulares en edificios.
- Técnicas y procesos en las instalaciones automatizadas en edificios.
- Desarrollo de instalaciones electrotécnicas en edificios.

Los tres módulos profesionales, anteriormente citados, contribuyen en la formación del perfil profesional del alumno con las siguientes capacidades:

- Conocimientos de configuración, implantación y mantenimiento de instalaciones automatizadas de gestión técnica para viviendas y edificios, seleccionando la topología, los equipos y dispositivos y el software más adecuado en función de las especificaciones técnicas y económicas prescritas.
- Elementos de juicio para diagnosticar averías en equipos e instalaciones electrotécnicas con la fiabilidad, precisión y pulcritud requeridas, interpretando la documentación técnica de los mismos y operando con destreza los instrumentos, equipos y herramientas hardware y software adecuadas, respetando las precauciones y normas de seguridad oportunas.
- Visión clara e integradora de los procesos de montaje y mantenimiento de los equipos e instalaciones electrotécnicas, en sus aspectos humanos, tecnológicos, técnicos, de organización y económicos que permita organizarlos y optimizar su aplicación.
- Capacidad de comunicación efectiva en el desarrollo del trabajo, en especial en operaciones que exijan un elevado grado de coordinación con otras áreas de la empresa y entre los miembros del equipo que las acomete, interpretando órdenes e información, generando instrucciones claras con rapidez e informando y solicitando ayuda a quien proceda, cuando se produzcan contingencias en la operación.
- Mantenimiento de relaciones fluidas con los miembros del grupo funcional en el que está integrado, responsabilizándose de la consecución de los objetivos asignados al grupo, respetando el trabajo de los demás, organizando y dirigiendo tareas colectivas y cooperando en la superación de dificultades que se presenten con una actitud tolerante hacia las ideas de los compañeros y subordinados.
- Capacidad para organizar y dirigir el trabajo de otros técnicos de nivel inferior, dando instrucciones sobre el control de procesos de mantenimiento en caso de modificaciones derivadas de los programas establecidos y decidiendo actuaciones en casos imprevistos en los procesos de mantenimiento.
- Iniciativa para resolver problemas y tomar decisiones sobre su propia actuación o la de otros, identificando y siguiendo las normas establecidas procedentes, dentro del ámbito de su competencia, y consultando dichas decisiones cuando sus repercusiones en la coordinación con otras áreas sean importantes.

Los planes de estudios que conducen a la obtención de títulos universitarios también están considerando dentro de sus contenidos asignaturas que tratan temas relacionados con el control y automatización de los servicios en viviendas y edificios. En particular el plan de estudios impartido en la Escuela Universitaria Politécnica de Almadén de la UCLM, que conduce a la obtención del título de Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad de Electricidad, contempla una asignatura que lleva por título Domótica.

La enseñanza de la Domótica también está presente fuera de las fronteras de la Comunidad Castellano-Manchega, incluso en otros niveles educativos. Por ejemplo, cabe citar cursos de formación para profesores de Enseñanzas Medias como los organizados por

la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias¹⁶. En cursos de postgrado la Domótica se hace presente en programas como el impartido por la Universidad de la Rioja que incluye un curso titulado Instalaciones en la Edificación¹⁷, dirigido a arquitectos e ingenieros industriales

III.4. Nuestra visión de la Domótica

Es preciso definir los requisitos y exigencias que debe cubrir una casa domotizada. Describiremos los operadores a considerar en una instalación y estructuraremos el dominio con el objeto de facilitar el diseño de un modelo domótico que permita el estudio de esta disciplina.

III.4.1. Requerimientos de una vivienda o edificio domotizado

La catalogación de vivienda o edificio inteligente se ha venido utilizando como sinónimo de vivienda domotizada, sin embargo su alcance resulta difícil de precisar, dado que la propia tecnología ha ido aportando servicios y funciones que han transformado los perfiles técnicos de los sistemas. La necesidad de definir en el edificio una red de servicios multiusuario y multifuncional ya está acotando las características y se puede afirmar que el edificio debe cumplir una serie de requisitos clasificados en tres grandes niveles (Molina & Ruiz, 1999):

- Sistema técnico empleado.
- Usuarios del edificio.
- Aspecto constructivo.

Desde el punto de vista del sistema técnico que se emplea es necesario considerar algunos aspectos:

- Integración: Hay que tener en cuenta la confluencia de áreas de servicio en una sola red o un solo sistema técnico. El control de un determinado sistema debe tener presente el estado de numerosas variables que pueden proceder de otro sistema distinto y, a su vez, las órdenes de actuación que él mismo genere pueden afectar a diferentes servicios. Esto exige una uniformidad de las informaciones y la compatibilidad de señales tanto de entrada como de salida de los distintos sistemas. Por otro lado, la programación de los elementos debe ajustarse a un modelo común que permitirá confeccionar aplicaciones transversales a varios servicios.
- Ampliación de servicios: La normalización y accesibilidad de los sistemas debe orientarse hacia la posibilidad de ampliación. Esta característica asegura la posibilidad de implantar nuevos servicios sin necesidad de tener que rediseñar completamente la instalación o de cambiar elementos comunes como cableados, unidades de control, etc.

¹⁶ <http://www.educa.rcanaria.es/CURSOS/F0283701.HTM>

¹⁷ http://www.unirioja.es/Acadamecia/Postgrado/Cursos_Postgrado.html

- Flexibilidad: Un edificio domotizado no debe ser una entidad rígida en su funcionalidad, sino que procurará facilitar la incorporación de nuevos elementos, ya sean operadores o servicios. La adaptación de futuras necesidades de los ocupantes deberá ser posible permitiendo un cierto margen de pervivencia y habitabilidad que, por otra parte, ya se exige a nivel estructural.
- Reprogramación: La posibilidad de reprogramación de las funciones y servicios integrados facilitará la puesta en servicio de un área o de un sistema dentro del edificio mediante la programación de cada uno de los operadores que intervienen, teniendo en cuenta las necesidades y preferencias del usuario y la normativa legal. Además, el sistema debe permitir al usuario la modificación de algunos de sus parámetros como, por ejemplo, horarios de actuación, temperaturas y grados de iluminación de las distintas dependencias.
- Compatibilidad de los formatos de información: La información que circula será de diferente naturaleza pero su codificación se efectuará mediante un sistema común y compatible para todos los operadores o elementos emisores, receptores, sistemas de transporte de información, buses, señales radioeléctricas, infrarrojos, etc.
- Compatibilidad de los sistemas físicos de comunicación de señales: Los sistemas de comunicación deberán ser compatibles entre sí para facilitar la interconexión de diferentes componentes.

Considerando los requisitos del usuario se puede afirmar que estas características pertenecen más al orden social, cultural y personal. Serán todas aquellas que se orienten a la consecución de:

- Mejora de la calidad de vida.
- Seguridad de las personas y los bienes.
- Facilidad de comunicación entre las personas.
- Mejora en la realización de las tareas encomendadas a las personas que lo habitan.
- Optimización de los consumos de los distintos flujos energéticos.
- Adecuación a las personas con necesidades especiales.
- Respeto y equilibrio del entorno.

A la hora de elaborar la implantación de un sistema domotizado en un edificio o en una vivienda se deben tener en cuenta distintas exigencias que van a depender de muchos factores, como el económico, o si el edificio es de nueva construcción o está ya construido. De estas dos cuestiones dependerán muchas decisiones llegado el momento de actuar. Algunas de ellas son las siguientes:

- Previsión de canalizaciones eléctricas de calefacción, datos, agua, gas, desagües, etc.
- Tipos de cerramientos en puertas y ventanas.
- Trazado de espacios de uso común, pasillos, etc.
- Sistemas de aislamiento.
- Colocación de elementos de corte/paso de los distintos flujos de agua, gas, etc.
- Aplicación de las normativas relacionadas con las instalaciones donde cabe destacar las siguientes:
 - Norma HBS (*Home Bus System*) que se presentó en 1987 y fue desarrollada por distintos fabricantes coordinados por el Ministerio de Industria y Comercio Internacional.
 - Norma *Smart House*, desarrollada en Estados Unidos por la NAHB, que introdujo el concepto de bus para la vivienda. El proyecto se inició en 1984.

- La norma EIA (*Electronic Industry Association*) que orientaba su campo hacia la normalización de los protocolos de comunicación domésticos mediante el reglamento denominado CEBus.
- El proyecto *Home System* (1989), con el que la Comunidad Europea, y bajo el proyecto ESPRIT, se pretende llegar a una norma de integración de los sistemas de monitorización y control de los equipos y de las instalaciones domésticas.

Una vez introducidas las características de los edificios automatizados se procede a enumerar los principales servicios y áreas de gestión dentro de una vivienda con el fin de fijar las posibilidades que nos ofrecen estas tecnologías. Las grandes áreas de servicios que se intentan cubrir en las instalaciones automatizadas de viviendas y edificios pueden clasificarse en cuatro grandes grupos o familias:

- Área de gestión del confort.
 - Térmico.
 - Luminoso.
- Área de gestión de la seguridad.
 - Frente a accidentes.
 - Frente a intrusión.
- Área de gestión de la energía.
- Área de gestión de las comunicaciones.

Algunos servicios pueden ser transversales a dos o más áreas, ya que las fronteras entre ellas son, en muchos casos, muy difusas. Esta clasificación resulta bastante válida en el sentido de que al usuario final se le puede presentar una oferta bastante definida en cada una de las áreas e incluso la elección del sistema técnico que se desee emplear va a estar muy relacionada con el grado de integración de cada una.

Posiblemente las dos áreas de mayor implantación son las del confort y seguridad, ya que en el pasado fue en ellas donde se empezaron a desarrollar más servicios. Las áreas energética y de comunicaciones, por otra parte, están menos establecidas ya que su demanda en una vivienda no presenta un volumen demasiado importante, al mismo tiempo que sus costes pueden resultar excesivos en relación a los servicios prestados.

Los servicios que la automatización de edificios pueden prestar a la sociedad son muy numerosos y, en cualquier caso, representan siempre un aumento de calidad de vida y un ahorro económico. Los factores sociales y el nivel cultural de los ciudadanos son los motores que están dinamizando el desarrollo de las instalaciones.

III.4.2. Operadores domóticos en una instalación

Los operadores domóticos son todos los elementos que podrán ser manipulados (instalados, relacionados y parametrizados), y que realizarán la función puntual que se les asigne dentro de la automatización integral de la vivienda.

Cada operador debe tener una identificación. Dependiendo del tipo al que pertenezca se agruparán según la función que realizan y ciertos criterios de compatibilidad que se comentarán más adelante. Además de la variable identificadora que lo hace unívoco, un operador tendrá asociado un conjunto de variables, como el valor actual, valores máximo y mínimo, unidad de medida, consumo/potencia, etc., que lo hacen parametrizable.

Es posible realizar el agrupamiento de los operadores domóticos en tres grandes grupos (aunque más adelante se agruparán en áreas de gestión):

- Receptores (o sensores).
- Actuadores.
- Sistemas de regulación.

A continuación se describen con detalle estos grupos debido a que son de vital interés para el desarrollo de nuestro trabajo (Bravo, 1999b; Bravo & Redondo, 2000).

Receptores

Los receptores o sensores, como su propio nombre indica, son aquellos elementos que reciben información, generalmente de variables atmosféricas (temperatura, luminosidad, etc.) o de activaciones por acciones humanas, almacenando dichas activaciones en sus variables internas. Dichos elementos han de tener asociados ciertos mecanismos de activación a aquellos elementos a los que estén enlazados (cableados).

Los receptores, como la mayoría de los operadores domóticos, son parametrizables y sus variables internas admiten valores comprendidos entre un valor máximo y un valor mínimo.

A continuación se citan una serie de ellos:

- Pulsador: Son elementos receptores que reciben la entrada mediante una pulsación, corta o larga, de cualquier persona que habite en la vivienda. Las formas de funcionamiento serán tres:
 - Como biestables: En este caso al pulsar una vez sobre él la salida tomará el valor 1, y al volver a pulsar tomará el valor 0. Por defecto estará siempre a 0. Este es el caso tradicional de un pulsador asociado generalmente a puntos de luz (interruptores).
 - Como regulador: En este caso una pulsación sostenida puede hacer variar la salida entre ciertos valores (máximo y mínimo) asociados al mismo. Por ejemplo la luminosidad que se consigue con un potenciómetro asociado a un interruptor.
 - Como temporizador: Este caso es como el anterior salvo que el tiempo de pulsación estará preprogramado y con una simple pulsación la salida será la deseada.
- Sensor de temperatura (analógico): Su misión será la de detectar la temperatura ambiente, tanto exterior como interior, y comunicarla al termostato.
- Sensor de iluminación (analógico): Este sensor capta la intensidad de la luz, externa o interna, en lúmenes, para después pasar dicha información al sistema luminoso.
- Sensor de humedad (analógico): Capta el grado de humedad que es conveniente; por ejemplo para la automatización de riegos envía la información al sistema correspondiente, de tal manera que cuando la humedad disminuye de unos límites preestablecidos puede actuar sobre la electroválvula que abrirá el riego por aspersión.
- Sensor de gas (digital): Detecta cualquier escape de gas enviando su mensaje al sistema de seguridad.
- Sensor de viento (analógico): Detecta la velocidad del viento en km/h. Estará conectado al sistema que rige la subida de toldos y cierre automático de ventanas.

- Sensor de presencia (digital): Actúa detectando el movimiento de las personas que estén en la vivienda. Opera como elemento de seguridad contra intrusión, colaborando con el sistema de seguridad, o como elemento de confort, colaborando con el sistema de confort.
- Sensor de humos (digital): Es útil para la detección de incendios. Actuará transmitiendo su señal al sistema de seguridad.
- Sensor de agua (digital): Este sensor detecta la presencia de agua en la vivienda (inundación), actuando como los anteriores sobre el sistema de seguridad.
- Sensor magnético (digital): Asociado a los elementos de seguridad contra intrusión de la vivienda, detecta la apertura de una ventana o puerta cuando se haya activado al no haber nadie en la casa. Actúa de igual manera que los anteriores sobre las medidas de seguridad, es decir, enviando la información correspondiente al sistema de seguridad que actuará en consecuencia.
- Sensor de rotura-sonido (digital): Con una acción similar al anterior detecta la rotura de un cristal en cualquier ventana de la vivienda.

Actuadores

Los elementos actuadores son aquellos operadores domóticos que reciben información, digital o analógica, de los sistemas y actúan en consecuencia, activándose o desactivándose dependiendo de cierta parametrización de sus variables (valores máximo y mínimo de actuación).

A continuación se citan los principales actuadores:

- Punto de Luz: Estos actuadores estarán asociados normalmente a los sistemas luminosos que regulan la iluminación y a pulsadores de encendido y apagado. Los puntos de luz podrán ser de iluminación fija (consumo constante de potencia en vatios) o ser de luminosidad variable, en cuyo caso estarán gobernados por un sistema sensor-regulador de iluminación y su potencia de consumo será variable en vatios.
- Toma de corriente: Son actuadores a los que se les asocian aquellos electrodomésticos que necesitan toma de corriente. Obviamente serán parametrizables incluso con un nivel superior debido a que la distribución de la energía eléctrica en la vivienda se distribuye en diferentes líneas. Se han de contemplar pues aspectos tales como el de la sobrecarga de línea y la asociación máxima de elementos según su potencia.
- Válvula de gas: Asociada al sistema de seguridad de la vivienda, estará normalmente abierta hasta que le llegue la correspondiente señal de alarma y en este caso se cerrará hasta nuevo aviso.
- Válvula de agua: Se comporta como la válvula de gas pero cerrando en este caso la válvula del agua.
- Sirena: De activación sonora, estará asociada al sistema de seguridad.
- Teléfono: Asociado al sistema de seguridad, enviará un mensaje grabado al número que le indique el sistema de seguridad.
- Radiador de calefacción: Asociado al termostato, actuará en consecuencia, apagándose o encendiéndose, dependiendo de la orden que reciba de éste.
- Salida aire acondicionado: Al igual que el anterior estará en consonancia con el termostato.

- Electrodomésticos: Son elementos asociados al control de cargas y a su vez a la asignación de la energía eléctrica en las diversas línea de la vivienda. Tienen como factor importante su parametrización en cuanto al consumo de potencia de cada uno de ellos.
- Persiana: Son elementos actuadores asociados a los sistemas de luminosidad y a los pulsadores de persiana. También tendrán una determinada parametrización y estarán en consonancia con los sensores de luz (externos e internos) y el sistema de seguridad que los gobiernan.

Algunos electrodomésticos, tales como la televisión, el vídeo y el equipo de audio, también serán elementos que permitan la simulación de presencia programada, aspecto muy conveniente para épocas de vacaciones donde no se encuentra nadie en la casa como elemento disuasorio muy importante contra la intrusión.

Sistemas de regulación

Un sistema es un operador domótico que actúa de enlace entre un receptor y un actuador, de manera que recibe la señal del receptor y, mediante la programación del propio sistema, envía un mensaje (de activación, inhibición o establecimiento) al actuador dependiendo de lo programado y de la parametrización de sus variables internas. Es decir, el sistema es el operador domótico que gobierna las relaciones o enlaces entre los receptores y actuadores.

Los principales sistemas son los siguientes:

- Sistema de regulación de la luminosidad: Se trata de uno de los principales sistemas domóticos en lo concerniente a la automatización y control de la iluminación. La iluminación necesaria en el interior de la vivienda dependerá de la presencia de personas y la luminosidad exterior, que se podrá aprovechar si existen ventanas por las que dejar pasar la luz. Se utilizarán operadores como sensores de iluminación interior y exterior, pulsadores para los puntos de luz y elevadores de persianas.
- Sistema de regulación de la temperatura: Es el sistema por excelencia y gobierna el control de temperatura de todas y cada una de las dependencias de la vivienda, buscando siempre el confort térmico programado y adaptándose en cada caso a las condiciones de ahorro energético. Controla los radiadores y aparatos de aire acondicionado en consonancia con la temperatura interior, exterior y ciertos márgenes debidos a la capa de aislante que se considere que tiene la vivienda (pérdidas de calor). Un sistema de estas características podrá tener asociados uno o varios radiadores o equipos de aire acondicionado; las entradas que tendrá este sistema serán la temperatura ambiente interna y la temperatura externa.
- Sistema de control de la seguridad: Es el sistema que se encarga de monitorizar diversas incidencias relacionadas con la seguridad a dos niveles: seguridad contra intrusión y seguridad contra accidentes. El comportamiento general de este sistema pasará por detectar dichas incidencias de forma que cuando cierta combinación de eventos se produzca, se intente actuar para remediar la situación (corte de la entrada de gas, corte del suministro eléctrico, corte del suministro de agua, etc.) y además señalar y notificar la situación. Esta notificación se puede efectuar por diversos medios: señal luminosa, señal acústica, llamada telefónica y/o mensajes de cualquier naturaleza: SMS, mensajería electrónica, etc.

- Sistema de regulación del consumo energético: Cuya finalidad es controlar el esquema de conexión y configuración de las cargas con objeto de:
 - Respetar las prescripciones que dicta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
 - Procurar un uso racional de la energía.
 - Aprovechar las tarifas especiales ofertadas por parte de las compañías eléctricas.
 - Utilizar sistemas de acumulación.
 - Distribuir en zonas los sistemas de calefacción y aire acondicionado.

III.4.3. Estructuración del dominio

Con objeto de facilitar la manipulación y procesamiento de las diferentes entidades que aparecen en el dominio de la automatización de viviendas hemos optado por realizar una estructuración del mismo, agrupando dichas entidades respetando la siguiente taxonomía (figura III.1):

- Tipo del sistema de control, acorde con la clasificación de sistemas comerciales que se expresó en apartados anteriores. De esta característica va a depender completamente la forma de relacionar los operadores.
- Áreas de gestión o tipos de servicios que se estudian.
- Operadores o elementos a manipular en el diseño.
- Planos o unidades arquitectónicas para las que se realiza el diseño. Los aspectos agrupados en esta categoría se verán reflejados, principalmente, en el momento que se lleve a cabo la simulación del modelo diseñado, para así verificar la validez y eficiencia del diseño planteado.

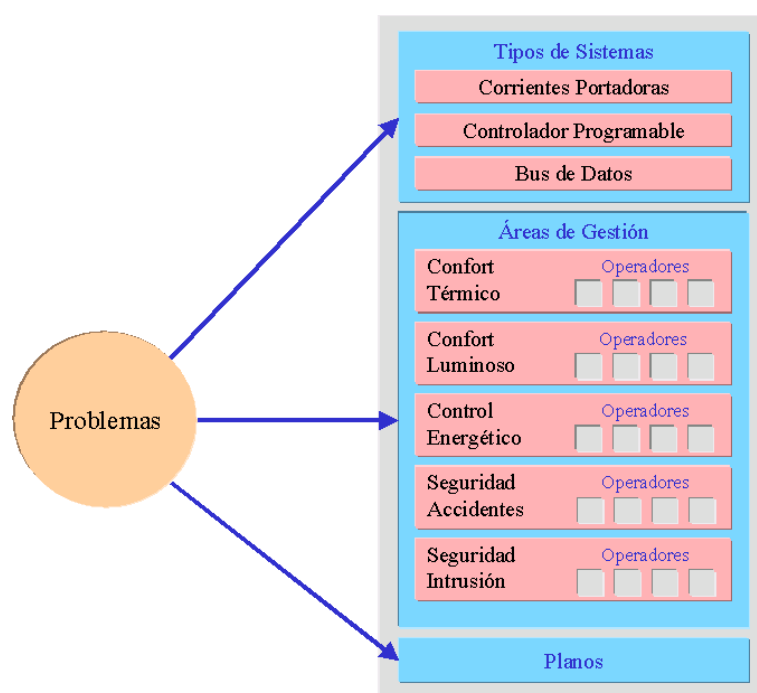


Figura III.1. Estructuración del dominio de la Domótica.

III.5. El modelo de Domótica adoptado en DomoSim-TPC

Siguiendo la taxonomía planteada en la sección anterior, realizaremos una breve descripción de cómo se refleja en DomoSim-TPC.

III.5.1. Áreas de gestión

Se han considerado tres áreas de gestión: confort, seguridad y control energético. No obstante, alguna de ellas se ha dividido para así facilitar su estudio. Por tanto contamos con las áreas que se recogen en la tabla III.2.






Área de Gestión	Icono
Confort Térmico	
Confort Luminoso	
Control Energético	
Seguridad frente a Accidentes	
Seguridad frente a Intrusión	

Tabla III.2. Áreas de gestión del modelo de Domótica.

III.5.2. Planos

Un plano de una vivienda o edificio se compone de los siguientes elementos:

- Un conjunto de habitaciones y pasillos representados mediante volúmenes cúbicos, que se caracterizan por sus coordenadas, la anchura, la longitud y la altura en metros, y un tipo (Salón, Dormitorio, Cocina, Pasillo o Baño).
- Un conjunto de ventanas, asociada cada una a una habitación.
- Un conjunto de puertas, que pueden ser exteriores o interiores al edificio.
- Un conjunto de enchufes de toma de corriente eléctrica.
- Coeficientes de pérdida de energía calorífica para las paredes, puertas y ventanas.

III.5.3. Operadores

Los operadores considerados, agrupados en áreas de gestión, se relacionan a en las tablas III.3, III.4, III.5, III.6 y III.7.





Confort Térmico			
Operador	Iconos	Propiedades	Particularidades
Sensor de temperatura		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Temperatura (° C) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mide la temperatura de la habitación. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza analógica.
Equipo radiador de calor		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Eléctrico (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) - Calor (calorías) 	<ul style="list-style-type: none"> - Aparato utilizado para dar calor. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - Si no es eléctrico (por combustible) no necesitará ser conectado al sistema eléctrico.
Equipo refrigerador		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) - Frío (frigorías) 	<ul style="list-style-type: none"> - Aparato utilizado para dar frío (aire acondicionado). - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Sistema de regulación de la temperatura		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Temperatura deseada (° C) - Margen de histéresis (%) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Regula la temperatura. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.

Tabla III.3. Operadores del Sistema de Gestión del Confort Térmico.









Confort Luminoso			
Operador	Iconos	Propiedades	Particularidades
Sensor de iluminación exterior		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Iluminación (lux) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mide la iluminación de la habitación. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza analógica.
Sensor de iluminación interior		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Iluminación (lux) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mide la iluminación exterior a la vivienda. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza analógica.
Sensor de presencia		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Presencia (sí/no) 	<ul style="list-style-type: none"> - Indica la presencia de un objeto móvil, normalmente una persona, en la habitación. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza digital.
Punto de Luz		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) - Iluminación (lúmenes) 	<ul style="list-style-type: none"> - Punto de iluminación, normalmente una bombilla. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Persiana		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Estado (0:subida, ... 4:bajada) 	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivo de persiana asociado a una ventana. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético.
Interruptor de punto de luz		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador que activa/desactiva la iluminación de la habitación. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético.
Pulsador de persiana		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Estado (0:subida, ... 4:bajada) 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador que permite subir/bajar la persiana hasta una altura determinada. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético.
Sistema de regulación de la iluminación		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Iluminación deseada (lux) - Margen de histéresis (%) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Regula la iluminación. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.

Tabla III.4. Operadores del Sistema de Gestión del Confort Luminoso.





















Control Energético			
Operador	Iconos	Propiedades	Particularidades
Receptor de televisión	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	
Ordenador	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	
Equipo musical	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	
Vídeo	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	
Cocina	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Eléctrica (sí/no) - Consumo (vatios) 	- La cocina puede no ser eléctrica, en cuyo caso sería de butano y no estaría conectada.
Botella de butano		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) 	- Se utiliza para simular escape de gas y poder tener una cocina no eléctrica que funcione con butano.
Horno eléctrico	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	
Horno microondas	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	
Frigorífico		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	
Lavavajillas	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	
Lavadora	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	

Tabla III.5. Operadores del Sistema de Control Energético.


















Seguridad frente a Accidentes			
Operador	Iconos	Propiedades	Particularidades
Sensor de presencia de humos		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Presencia de humos (sí/no) 	<ul style="list-style-type: none"> - Indica la presencia de humo. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza digital.
Sensor de presencia de agua		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Presencia de agua (sí/no) 	<ul style="list-style-type: none"> - Indica la presencia de agua. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza digital.
Sensor de presencia de gas		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Presencia de gas (sí/no) 	<ul style="list-style-type: none"> - Indica la presencia de gas. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza digital.
Grifo		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Tipo (analógico/digital) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Se utiliza para poder simular inundación. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético.
Duchas apaga-fuegos	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador utilizado para apagar los incendios. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Válvula de cierre del agua	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador que corta el suministro de agua. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Válvula de cierre del gas	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador que corta el suministro de gas. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Mando de corte del suministro eléctrico	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador que corta el suministro de eléctrico. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Apertura/cierre de ventanas	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador que permite abrir/cerrar una ventana. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético.
Apertura/cierre de puertas	 	<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Operador que permite abrir/cerrar una puerta. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético.
Sistema de control de accidentes		<ul style="list-style-type: none"> - Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Consumo (vatios) 	<ul style="list-style-type: none"> - Controla la seguridad frente a accidentes. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.

Tabla III.6. Operadores del Sistema de Control de Seguridad frente a Accidentes.










Seguridad frente a Intrusión			
Operador	Iconos	Propiedades	Particularidades
Sensor de rotura de cristales		- Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Rotura de cristal (sí/no)	- Detecta la rotura del cristal de la ventana. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza digital.
Sensor de apertura de ventana		- Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Apertura de ventana (sí/no)	- Detecta la apertura de una ventana. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza digital.
Sensor de apertura de puerta		- Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Apertura de puerta (sí/no)	- Detecta la apertura de una puerta. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza digital.
Sensor de presencia		- Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Presencia (sí/no)	- Indica la presencia de un objeto móvil, normalmente una persona, en la habitación. - Puede ser un dispositivo analógico o digital. - No se le asocia consumo energético. - La señal proporcionada es de naturaleza digital.
Identificador de control de acceso		- Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios)	- Operador utilizado para permitir el acceso a la vivienda previa identificación. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Equipo de conexión a línea telefónica		- Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios)	- Módem que permite realizar y recibir llamadas. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Señalización acústica		- Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios)	- Operador que genera una señal acústica de alarma. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Señalización luminosa		- Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Encendido (sí/no) - Consumo (vatios)	- Operador que genera una señal luminosa de alarma. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.
Sistema de control de intrusión		- Posición x, y en el plano - Digital (sí/no) - Consumo (vatios)	- Controla la seguridad frente a intrusión. - Puede ser un dispositivo analógico o digital.

Tabla III.7. Operadores del Sistema de Control de Seguridad frente a Intrusión.

III.5.4. Tipos de sistemas de control empleados

No se ha pretendido contemplar completamente todos los tipos de sistemas, sino incorporar algunos matices de sistemas reales, incidiendo en la complejidad del proceso de diseño. Se consideran las siguientes variantes de los principales sistemas de automatización:

- Corrientes portadoras: Se caracteriza porque todos los operadores deberán estar conectados al sistema eléctrico para poder ser regulados y porque sólo se admiten operadores digitales.

- **Controladores programables:** Habrá que incluir un nuevo operador denominado Unidad Central de Proceso. Mediante un tipo determinado de enlace se unirán todos los operadores a esta única unidad central. Permite operadores digitales y analógicos.
- **Bus:** Todos los elementos deben conectarse a este bus, que deberá trazarse. Permite operadores digitales y analógicos.

En función del sistema elegido será necesario tener presentes algunas implicaciones sobre el cableado y enlace de los operadores. En general, siempre es necesario el enlace de los operadores de tipos sensor y actuador con los operadores de tipo sistema de regulación, es decir, los sensores y actuadores son controlados por los sistemas de regulación. Sin embargo, cómo se realiza dicho control queda definido particularmente por el tipo de sistema y por sus parámetros característicos.

En el modelo en el que se basa DomoSim-TPC se han considerado algunas particularidades relativas a tipos de sistemas y cableado asociado a los mismos. Éstas particularidades se recogen en la tabla III.8.







Tipos de Enlaces		
Enlace/ Operador	Icono	Particularidades
Enlace entre operadores		- Representa el enlace entre los receptores y actuadores a los sistemas. - Es independiente del sistema de control elegido.
Enlace de un operador a un enchufe eléctrico		- Representa el enlace de un elemento a la corriente eléctrica.
Unidad Central de Proceso		- Representa la UCP de control en el sistema de controlador programable.
Enlace de un operador a la UCP		- Representa el enlace de un elemento a la UCP.
Línea de Bus		- Este elemento no requiere de otros para enlazar, simplemente facilita la representación de un bus de datos.
Enlace de un operador a la línea de bus		- Representa el enlace de un elemento a la línea de bus.

Tabla III.8. Enlaces para los diferentes tipos de sistemas y cableado.

III.5.5. Problemas de diseño en Domótica

Las actividades o experiencias consisten en la resolución de problemas de diseño domótico haciendo uso de la simulación. La organización de grupos y el planteamiento de actividades será descrito en el siguiente capítulo.

En la resolución de un problema de diseño aplicado al dominio de la Domótica el alumno puede enfrentarse a diferentes niveles:

1. Operador y sistema: Conocimiento funcional, métodos y requerimientos de diseño, estudio de parámetros y simulación de comportamiento de operadores sencillos emisores, receptores y controladores. Los problemas de este tipo no tendrán asociado ningún plano o tendrán asociado un plano vacío. Son problemas puramente experimentales.
2. Nivel de área de servicio: Conocimiento y estudio de aplicaciones por áreas. Los problemas de este tipo podrán tener un plano simple (una única habitación) o un plano compuesto (conjunto de habitaciones que forman una unidad completa). Estos últimos serán, lógicamente, de una complejidad mayor. El objetivo que se persigue con estos problemas es confirmar y reforzar los conocimientos sobre requerimientos de diseño para las diferentes áreas de gestión, desde los casos más sencillos y aislados a situaciones complejas.
3. Nivel de estudio de unidad arquitectónica completa: Los planos asociados estarán formados por más de una habitación (viviendas, locales comerciales, etc.) y se considerarán las relaciones entre las diferentes áreas de gestión, la unidad arquitectónica en su conjunto y los distintos sistemas que se incluyan en el diseño.

Un problema quedará definido especificando los apartados que a continuación se relacionan:

- Datos de identificación del problema:
 - Identificador.
 - Nivel de complejidad (alto, medio y bajo).
 - Enunciado que describe el problema a resolver.
 - Plano sobre el que se basa el problema (habitación, vivienda, etc.).
 - ¿Requiere diseño? Este elemento indica si es preciso dar una solución de diseño o no, caso este último utilizado para que los alumnos experimenten sin tener que satisfacer ningún objetivo, facilitando que se familiaricen con el entorno y descubran el funcionamiento de los diferentes sistemas.
 - Observaciones.
- Información del entorno:
 - Temperatura exterior a las 0, 2, ..., 22 h., si son modificables y si no están definidas (en este caso lo debe de hacer el alumno).
 - Iluminación exterior a las 0, 2, ..., 22 h., si son modificables y si no están definidas.
 - Incidencia de la temperatura exterior en el interior de la vivienda.
 - Horas de inicio de la noche, del día y de la simulación, si son modificables y si no están definidas.
 - Estación (primavera, verano, otoño e invierno), si es modificable y si no está definida.
- Información de la vivienda:
 - Potencia energética, si es modificable y si no está definida.
 - Sección del cable eléctrico, si es modificable y si no está definida.
 - Líneas de carga o de potencia máxima de las líneas 1 a 10, si son modificables y si no están definidas. En la resolución del problema el alumno deberá asignar los diferentes enchufes eléctricos de la vivienda a una línea de carga.
 - Valores por defecto:
 - Consumo y calor de los radiadores, si son modificables y si no están definidos.
 - Consumo y frío de los aparatos de aire acondicionado, si son modificables y si no están definidos.

- Consumo de los electrodomésticos, si es modificable y si no está definido.
- Consumo e iluminación de las bombillas, si son modificables y si no están definidos.
- Consumo de los sistemas, si es modificable y si no está definido.
- Restricciones y necesidades:
 - Áreas de gestión que exige el problema.
 - Sistema técnico (corrientes portadoras, controlador programable y bus de datos) que exige el problema.
 - Número máximo de radiadores y de equipos de aire acondicionado.
 - Rango de iluminación a garantizar.
 - Iluminación inicial de todas las habitaciones.
 - Rango de temperatura a garantizar.
 - Temperatura inicial de todas las habitaciones.
 - Electrodomésticos exigidos.
 - Necesidades de seguridad exigidas (escape de agua, escape de gas, incendio e intrusión).

Una vivienda o unidad arquitectónica queda caracterizada por el plano, en dos dimensiones, que la define. Un plano está constituido por los siguientes componentes:

- Un conjunto de habitaciones o pasillos (figuras rectangulares) definidos mediante su posición (coordenadas x e y), anchura, longitud y altura, expresadas en metros.
- Un conjunto de ventanas: Dada una habitación, se indicará un carácter N , S , E o O para indicar ventana al norte, al sur, al este o al oeste respectivamente; un espacio en blanco indica que la habitación no tiene ventana.
- Un conjunto de puertas: Definidas mediante su posición (coordenadas x e y).
- Un conjunto de enchufes suministrarán electricidad para los distintos componentes que la necesiten. La posición de los enchufes en el plano quedará definida mediante sus coordenadas x e y .
- Coeficientes de pérdida/absorción de calor para paredes, ventanas y materiales en general.

DomoSim-TPC contiene una herramienta con una interfaz gráfica que facilita el diseño y generación de planos que posteriormente se podrán utilizar en la especificación de problemas de diseño de una instalación de automatización y control integral de servicios para una vivienda o edificio.

III.5.6. Modelo Estructural

En la figura III.2 puede verse un Modelo Estructural de los objetos que conforman el modelo de Domótica propuesto en notación UML (Booch et al, 1999). Los atributos de cada clase de objetos, descritos en el apartado III.5.3, no se incluyen en el diagrama.

Los operadores pertenecen a un área de gestión. Mediante jerarquías de herencia estos operadores se clasifican en actuadores, receptores y sistemas, y las áreas de gestión se clasifican en confort térmico, confort luminoso, control energético, seguridad ante accidentes y seguridad frente a intrusión. No se ha considerado necesario reflejar todo el detalle de subclases en la jerarquía de operadores.

Los planos, formados por varias habitaciones, varios enchufes y varias puertas, contienen operadores, una vez se haya diseñado un escenario domótico. Cada problema se

define sobre un plano. Para cada problema los alumnos propondrán el tipo de sistema domótico de control más adecuado, que puede ser el de corrientes portadoras, controlador programable o bus de datos.

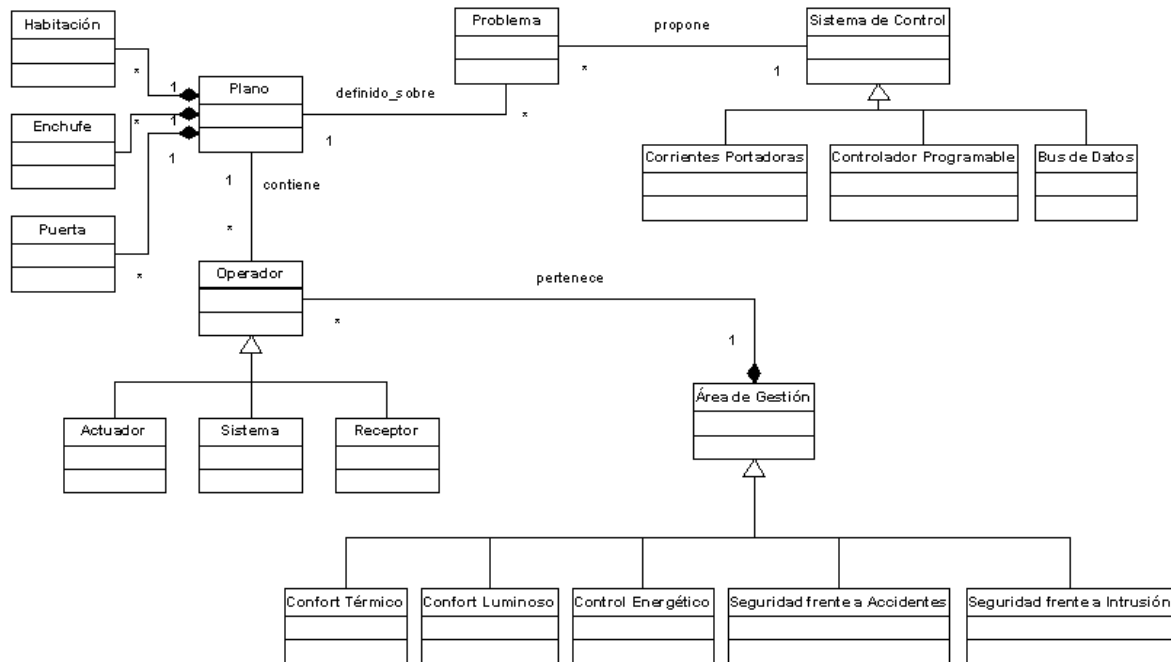


Figura III.2. Modelo Estructural de la Domótica.

CAPÍTULO IV. DomoSim-TPC: Un Entorno Colaborativo de Aprendizaje del Diseño Basado en Simulación

En este capítulo se presentan una arquitectura genérica y un modelo semiestructurado de interacción que puedan utilizarse para la construcción de sistemas colaborativos de diseño síncrono con soporte de simulación, y que hemos aplicado para desarrollar un entorno colaborativo de diseño domótico. Para organizar esta presentación se comienza describiendo la arquitectura general del sistema, tanto física como funcional. Dentro de la arquitectura funcional se identifican cuatro subsistemas (Subsistema Gestor de Actividades, Subsistema de Comunicación y Coordinación, Subsistema de Diseño y Simulación y Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades) que se describirán en las siguientes secciones. En estas cinco secciones se comienza caracterizando el problema que se plantea y trazando una estrategia de resolución (técnicas, modelos...) que posteriormente se desarrolla. Para terminar, justificamos la visión del entorno como un sistema completo que puede verse como una herramienta de CSCL, de CSCW (o *groupware*) y de simulación. Desde este prisma comparamos sus características y funcionalidades con los sistemas más representativos en cada una de estas áreas y que fueron descritos en el capítulo II.

El nombre que hemos dado al entorno desarrollado es DomoSim-TPC, que es un acrónimo de **Simulador Domótico Telemático Planificado Colaborativo**.

IV.1. Arquitectura del sistema

En esta sección se trata inicialmente la problemática a la que nos enfrentamos y definimos la estrategia de resolución, que considera una serie de componentes. Mostramos en primer lugar la arquitectura más general, a la que llamamos funcional, posteriormente la arquitectura física, que representa el esquema general de implementación basado en un enfoque cliente-servidor, y finalmente el modelo semiestructurado de interacción. Seguidamente detallamos los requisitos de funcionamiento del entorno, y vemos cómo han sido resueltos desde los puntos de vista tecnológico, organizativo, colaborativo y del dominio.

IV.1.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución

El objetivo general perseguido en esta investigación es proponer y desarrollar una arquitectura y un modelo de interacción para entornos colaborativos síncronos con soporte de simulación para el aprendizaje de dominios de diseño. Con diseño nos referimos a

cualquier disciplina que persiga la construcción de un modelo, consistente en un conjunto de objetos y de relaciones entre ellos, bajo una serie de restricciones.

Observamos que hay necesidad de nuevas aplicaciones de aprendizaje colaborativo que utilicen la comunicación e interacción en tiempo real. Se han venido efectuando muchas experiencias que utilizan la colaboración asíncrona, unas veces porque es el tipo de interacción más adecuado para el dominio al que se aplican y en otras ocasiones por la complejidad que presentan los sistemas colaborativos síncronos. Para abordar este desafío y facilitar el proceso nos basamos en un caso concreto como es el dominio de la Domótica, que parece particularmente interesante por su complejidad, y materializamos el objetivo anterior en un entorno de aprendizaje del diseño domótico. Por otra parte, en esta disciplina existen carencias de herramientas docentes que intentamos paliar con nuestro sistema.

En España, la nueva Formación Profesional definida en la LOGSE considera perfiles profesionales en los que la formación en materia de Domótica se considera una necesidad. En este tipo de formación la realización de trabajos prácticos goza de una importancia capital. Sin embargo, el material necesario para realizar estos trabajos suele ser especialmente caro y en muchos casos su disponibilidad es baja. Esta problemática se ve agravada por la dificultad para acercar al alumno a situaciones reales, reproducir accidentes y plantear situaciones caóticas como las que pueden ocurrir en el mundo real y para las que deben estar dirigidos sus diseños. Por tanto, nos enfrentamos a un dominio en el que hay necesidad de un entorno de las características presentadas.

El procedimiento de aprendizaje que proponemos y modelamos, y desde cuya base hemos construido el entorno informático, presenta las siguientes características:

- Se dispone de una colección de problemas de diseño.
- Los alumnos se organizan en grupos de 2 a 5 personas.
- El profesor plantea problemas a los grupos de alumnos.
- Los alumnos resuelven los problemas en grupo, colaborando síncrona y asíncronamente, aunque se permite también un trabajo individual (Bravo et al, 1999b).
- En la resolución de problemas los alumnos:
 - Organizan y distribuyen su trabajo.
 - Diseñan un modelo:
 - Dan valor a las variables generales del escenario y del entorno.
 - Definen subsistemas, determinando los receptores y actuadores y estableciendo relaciones de regulación con el sistema de control.
 - Simulan el modelo con el fin de validar y refinar el diseño.
 - Se comunican, intercambiando información relativa al dominio, coordinando sus acciones y tomando decisiones consensuadas.

Materializar este procedimiento de aprendizaje va a constituir la solución al problema planteado, lo que no parece fácil. El enfoque adoptado se basa en la utilización de la tecnología actual y de una serie de métodos con una eficacia contrastada. El estado del arte de los métodos y de la tecnología se ha revisado en el capítulo II. Los elementos que son la base de la arquitectura y modelo que proponemos son los siguientes:

- Principios metodológicos del Constructivismo: El diseño centrado en el aprendiz que hemos aplicado adopta como principios la participación activa y el Constructivismo.
- Métodos instruccionales del Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) y del Aprendizaje Mediante Diseño (LBD): El tipo de aprendizaje efectuado se basará en el PBL y en el LBD, es decir, el aprendizaje que efectúan los alumnos se basa en problemas y se realizan actividades de diseño.

- Técnicas y estrategias de CSCW y de Groupware: El CSCW y el *Groupware* aportarán mecanismos y técnicas para la coordinación, la comunicación y el trabajo colaborativo síncrono sobre superficies de trabajo compartidas.
- Técnicas y estrategias de CSCL: La disciplina del CSCL sirve de marco efectivo para desarrollar estrategias de aprendizaje colaborativo mediante soporte informático. Como principales técnicas destacan la estructuración pedagógica del progreso en el aprendizaje y la semiestructuración ofrecida para favorecer el aprendizaje de “aprender a colaborar” (metacognición).
- Principios y técnicas de Simulación: La Simulación es un importante soporte de cara al aprendizaje por descubrimiento y constructivo basado en problemas; los alumnos construirán modelos, que supondrán la solución a problemas, y los simularán.

Para desarrollar un sistema fundamentado sobre los pilares anteriores y que satisfaga los requisitos planteados, es preciso realizar un análisis y especificar un marco desde que el desarrollar el entorno. Este marco estaría formado por la arquitectura del sistema, en cuanto a procesos y datos, y los modelos y estrategias colaborativos. Utilizaremos un enfoque sistémico, caracterizando los siguientes componentes:

- Arquitectura funcional.
- Arquitectura física.
- Modelo semiestructurado de interacción.

La arquitectura funcional identifica un conjunto de niveles y flujos de información, de subsistemas y de herramientas que estructuran al entorno planteado. La arquitectura física describe los componentes hardware y software que materializan el entorno. Esto se consigue mediante una arquitectura cliente/servidor, en la que los usuarios ejecutarán la aplicación cliente y diferentes servidores ofrecerán los servicios de almacenamiento y comunicación. El modelo semiestructurado de interacción propone Protocolos de Colaboración, técnicas de Estructuración Flexible y la utilización del Lenguaje como Acción para estructurar el proceso de aprendizaje. Se utilizarán diferentes espacios de trabajo y se modelarán las diferentes tareas a efectuar.

Basándonos en la arquitectura y modelo propuestos se ha desarrollado DomoSim-TPC. Con la inclusión de este entorno informático en la docencia de la Domótica en Enseñanzas Medias el procedimiento docente seguido queda ligeramente modificado. En primer lugar, los profesores realizan una exposición magistral de contenidos teóricos. A continuación, organizan pequeños grupos de alumnos a los que se propone la resolución de problemas de diseño. Los problemas tienen una caracterización y unos objetivos didácticos específicos, según el propio criterio de los profesores. Los alumnos utilizan DomoSim-TPC para diseñar los modelos que consideran que satisfacen los requisitos de los problemas propuestos. Durante este proceso los aprendices argumentan, discuten y justifican las decisiones de diseño que se han tomado. Además, pueden realizar una simulación del modelo planteado para comprobar cómo se comporta ante ciertas situaciones y así determinar si cumple con los requisitos esperados. El trabajo de los alumnos se efectúa en colaboración y a distancia. Esto también permite aprovechar el aspecto enriquecedor que presentan las diferentes visiones que tienen los alumnos de diferentes centros. Los profesores y alumnos pueden discutir y alcanzar conclusiones sobre la experiencia realizada. El sistema también ofrece a los profesores o tutores herramientas para organizar las sesiones de aprendizaje y definir las actividades, que también permitirán mantener la información de los alumnos y de los grupos en los que se organizan.

En los siguientes apartados presentamos la arquitectura y el modelo enunciados, los requisitos y características de funcionamiento del entorno desarrollado y una comparativa

con los sistemas de CSCW, CSCL y Simulación más representativos.

IV.1.2. Arquitectura y modelo propuestos

El enfoque sistémico (Bertalanffy, 1968) proporciona un buen punto de partida para el estudio de un sistema: adopta una visión global del mismo que se va refinando progresivamente mediante una descomposición de arriba a abajo; el sistema se concibe como una caja negra en la que sólo podemos distinguir las entradas y las salidas, pero no su interior. Aplicando este enfoque, podemos ver la arquitectura general de nuestro sistema, a la que llamamos arquitectura funcional, como un conjunto de niveles, subsistemas y flujos de información. Se basa en la propuesta por Barros (1999) para sistemas genéricos de trabajo colaborativo para enseñanza a distancia, que se ha simplificado y adaptado para aplicarla al caso concreto de los sistemas colaborativos de tiempo real para el aprendizaje del diseño mediante herramientas de simulación. A continuación estudiaremos la arquitectura y la relacionaremos con el conjunto de espacios de trabajo que proponemos para el entorno desarrollado. Presentaremos la arquitectura física, que detalla los componentes físicos que forman el sistema, y especificaremos el modelo que semiestructura el proceso de diseño en que se basa éste.

Arquitectura funcional

Para describir la estructura o arquitectura funcional genérica de la aplicación nos basamos en una serie de niveles (figura IV.1). En cada nivel hay uno o varios subsistemas encargados de desarrollar las funciones correspondientes. Entre estos niveles hay unos flujos de información por donde fluyen los elementos que se producen en unos niveles y que son utilizados por otros.

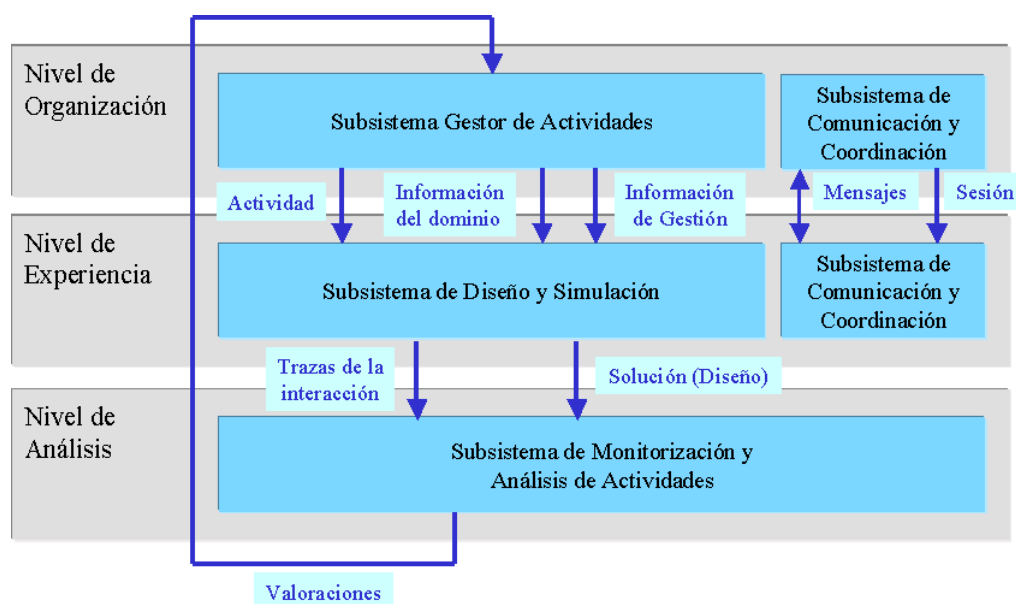


Figura IV.1. Arquitectura funcional: niveles, subsistemas y flujos de información.

Los niveles y subsistemas identificados son los siguientes:

- Nivel de Organización: Permite configurar y definir las experiencias de aprendizaje así como realizar comunicaciones relativas a la organización de actividades. Los subsistemas implicados son dos:
 - *Subsistema Gestor de Actividades*: Permite mantener y gestionar información de profesores, alumnos y grupos, así como definir y proponer actividades.
 - *Subsistema de Comunicación y Coordinación*: Permite enviar mensajes de organización y proponer sesiones de trabajo.
- Nivel de Experiencia: En este nivel se desarrollan las actividades de resolución de problemas. Consta de dos subsistemas:
 - *Subsistema de Diseño y Simulación*: Permite realizar el diseño que supone la solución a un problema, utilizando la simulación para validar y refinar el modelo.
 - *Subsistema de Comunicación y Coordinación*: Permite la comunicación y la coordinación entre los participantes, lo que incluye la consulta de las sesiones de trabajo.
- Nivel de Análisis: Contiene el *Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades*, encargado de sintetizar y analizar la información recogida en las experiencias, tanto de la interacción efectuada como de la solución al problema.

El Subsistema Gestor de Actividades almacena la información del dominio, relativa a características, objetos, relaciones entre ellos, comportamiento, etc., produce la colección de actividades y mantiene los datos de gestión. Estas informaciones son utilizadas por el Subsistema de Diseño y Simulación (figura IV.1), que permite resolver las actividades construyendo una solución y generando un conjunto de trazas de interacción, que forman el conjunto de informaciones que necesita el Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades para realizar valoraciones sobre el proceso efectuado y el producto obtenido. Estas valoraciones servirán para realimentar el sistema, dando lugar a modificaciones en las actividades o en la información del dominio. El Subsistema de Comunicación y Coordinación, que opera a diferentes niveles, permite el intercambio de mensajes (entre alumnos y entre éstos y profesores) y la organización de sesiones de trabajo. Estas sesiones son definidas a nivel de organización y consultadas a nivel de experiencia.

En cada nivel intervienen dos tipos de agentes: profesores y alumnos (figura IV.2). Aunque éstos serán los nombres que utilicemos para estas figuras a lo largo de esta investigación, cabe indicar que el sistema, como herramienta de CSCW, puede utilizarse para el diseño además de para el aprendizaje. Por tanto, el profesor podría ser, por ejemplo, un diseñador principal y el alumno un diseñador colaborador. En cualquier caso el usuario del sistema se organiza en torno a los perfiles de profesor y alumno, variando en cada caso las herramientas disponibles en función del perfil. En el Nivel de Organización los profesores utilizan herramientas de gestión para definir la información relativa a actividades y participantes y herramientas de autor para diseñar problemas y elementos estructurales del dominio. Tanto profesores como alumnos disponen de herramientas para coordinarse y comunicarse en el Subsistema de Comunicación y Coordinación, que se encuentra presente en los niveles de Organización y de Experiencia. Estas herramientas también incluyen mecanismos de apoyo a la toma de decisiones. Dentro del Nivel de Experiencia se localiza la herramienta principal de resolución de problemas: la Herramienta de Diseño y Simulación. Y en el Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades se encuentran la Herramienta de Análisis, utilizada por el profesor, y la Herramienta de Consulta de Trazas, utilizada también por éste y por los alumnos.



Figura IV.2. Herramientas disponibles y participantes implicados en los diferentes niveles de la arquitectura.

Espacios de trabajo

Según Barros (1999), un espacio de trabajo es una zona de elaboración e intercambio de información independiente e interrelacionada con las otras del entorno, pero respondiendo a una visión de una parte de la tarea que se está realizando. Cada espacio de trabajo se puede ver como una zona de recursos con una funcionalidad específica que soporta la realización de una tarea o subtask. Estos espacios pueden ser compartidos, cuando la tarea a realizar es efectuada por un grupo de colaboradores, o individuales, cuando son utilizados por un único usuario. Un espacio de trabajo se caracteriza con los siguientes elementos (Barros, 1999):

- **Funcionalidad:** Conjunto específico de funciones que permite efectuar.
- **Estructura:** Que depende de la información que almacena.
- **Recursos:** Con los que los usuarios pueden interaccionar con el espacio.
- **Vista:** Aspecto con el que se muestra la información que almacena.

Utilizamos este mecanismo como medio para organizar las diferentes tareas compartidas que los agentes participantes deben desarrollar de cara a realizar su trabajo. Diferentes sistemas como SEPIA, DEGREE, SCOPE, SMILE o CO-LEARN utilizan espacios de trabajo similares, en unos casos para trabajar en diferentes partes del proceso de trabajo general (SEPIA y SCOPE) y en otros porque manejan en estos espacios diferentes tipos de informaciones y realizan en ellos diferentes tareas (DEGREE, SMILE, CO-LEARN).

Los espacios de trabajo de DomoSim-TPC son los siguientes:

- **Espacio de trabajo de Gestión de Actividades:** Este espacio es utilizado por el profesor y se incluye en el nivel de organización. Está estructurado como un conjunto de herramientas (recursos) que permiten gestionar las actividades y generar contenidos de autor (funcionalidad). Las herramientas que permiten organizar la información comentada utilizan una interfaz común en forma de ficha o formulario.

- Espacio de trabajo de Comunicación y Coordinación: A este espacio pueden acceder tanto profesores como alumnos. De hecho es el que permite la comunicación y coordinación entre ambos tipos de usuarios. También está estructurado como un conjunto de herramientas (recursos) que ofrecen funciones de comunicación y coordinación (funcionalidad). La comunicación y la coordinación se efectúa con herramientas de charla electrónica, correo electrónico, agenda y toma de decisiones.
- Espacio de trabajo de Diseño y Simulación: Los protagonistas principales de este espacio son los alumnos, que resuelven las actividades planteadas. El profesor también puede acceder a él para estar presente en la sesiones o acceder posteriormente al trabajo efectuado por los alumnos. Está estructurado en cuatro subespacios (recursos). Cada uno de ellos representa una herramienta con la que realizar una función (funcionalidad): diseñar, parametrizar, repartir el trabajo y simular. Para el desplazamiento a través de los subespacios se ha definido un protocolo de colaboración general y para la realización de las tareas en cada subespacio hemos propuesto un protocolo detallado. La vista de las herramientas es muy diversa y en general está basada en una interfaz de manipulación directa que sigue el Modelo Objeto-Acción.
- Espacio de trabajo de Monitorización y Análisis: Está formado por la Herramienta de Análisis (recurso), que permitirá al profesor estudiar el proceso seguido por los alumnos y el tipo de solución diseñada (funcionalidad), y la Herramienta de Consulta de Trazas (recurso), disponible para profesores y alumnos y que posibilita la visualización textual detallada de las interacciones de diseño y simulación efectuadas (funcionalidad).

Espacio de Trabajo	Subsistema	Herramientas	
Gestión de Actividades	Gestor de Actividades	Gestión	Gestión de Alumnos
			Gestión de Profesorado
			Gestión de Grupos
			Gestión de Actividades
		Sistema de Autor	Mantenimiento de Problemas
			Gestión de Planos
Comunicación y Coordinación	Comunicación y Coordinación		Gestión de Parámetros de Simulación
			Correo Electrónico
			Chat
Diseño y Simulación	Comunicación y Coordinación		Agenda de Sesiones
			Toma de Decisiones
	Diseño y Simulación		Chat Dirigido
			Diseño
			Reparto de Tareas
			Parametrización
Monitorización y Análisis	Monitorización y Análisis de Actividades		Simulación
			Análisis
			Consulta de Trazas

Tabla IV.1. Herramientas disponibles en los diferentes espacios de trabajo.

El entorno desarrollado está inmerso en un marco más global en el que se consideran, además de los espacios anteriores, un espacio de trabajo de Planificación del Diseño (que no es objeto de esta investigación), que tiene como objetivo planear y decidir la estrategia

de diseño mediante una representación intermedia del proceso (Redondo et al, 2000a; Redondo et al, 2000b; Redondo, 2002).

En la tabla IV.1 se resumen las diferentes herramientas disponibles en cada espacio de trabajo. Estudiaremos todas ellas desde la visión del subsistema que las contiene en las secciones IV.2, IV.3, IV.4. y IV.5.

En la figura IV.3 se muestra la pantalla inicial de DomoSim-TPC, que aparece tras la identificación del usuario. El menú Archivo contiene la opción de configuración de la aplicación y la de finalizar su ejecución. El menú Profesorado contiene las opciones que se corresponden con las herramientas del espacio de Gestión de Actividades, junto con la Herramienta de Análisis del espacio de Monitorización y Análisis. El menú Coordinación agrupa las herramientas disponibles en el espacio de Coordinación y Comunicación. El menú Alumnado se asocia al espacio de Diseño y Simulación, y también contiene la Herramienta de Consulta de Trazas del espacio de Monitorización y Análisis. A pesar de su nombre, los profesores también pueden acceder a este último menú para participar, junto a los alumnos, en las experiencias de resolución de problemas. Las opciones y menús se activan o desactivan en función del tipo de usuario: profesor o alumno. Estos menús pueden verse gráficamente en el Manual de Usuario de DomoSim-TPC (apéndice 7), donde se describen con detalle.

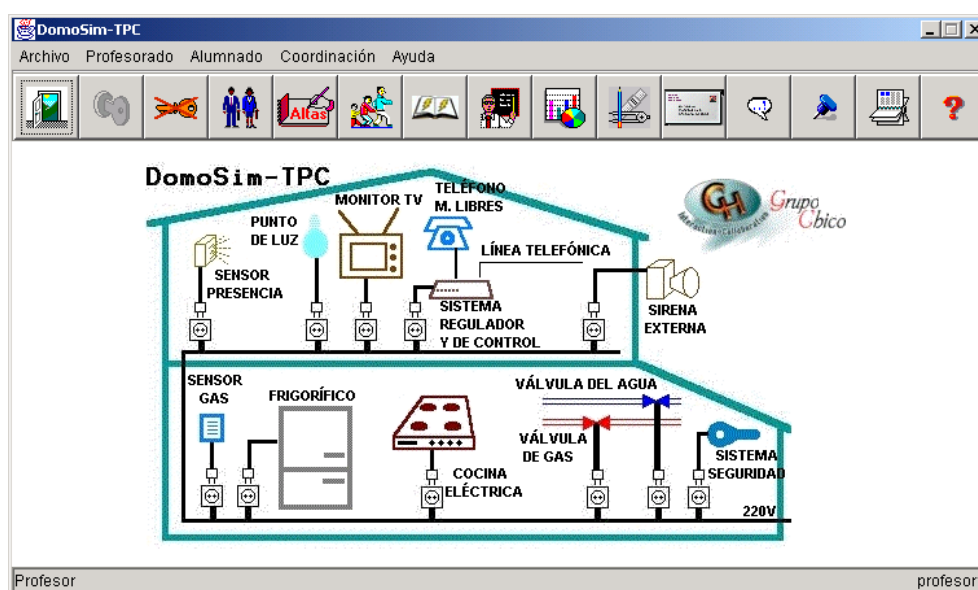


Figura IV.3. Pantalla inicial de DomoSim-TPC.

Arquitectura física

Para llevar a la práctica el entorno, y a partir de la organización que ofrece la arquitectura funcional anterior, es preciso basarse en una arquitectura física o de implementación. Proponemos un enfoque cliente-servidor como el que se esquematiza en la figura IV.4. En este esquema general de funcionamiento identificamos dos elementos:

- Cliente remoto: Representa al usuario, ya sea profesor o alumno, que utiliza el entorno desde una ubicación remota. El software utilizado puede ser un navegador o la propia aplicación en ejecución.

- Servidor remoto: Consiste en un ordenador que ejecuta un proceso que hemos denominado Coordinador, necesario para gestionar y distribuir las comunicaciones, y un ordenador que alberga los datos junto con el SGBD que los gestiona.

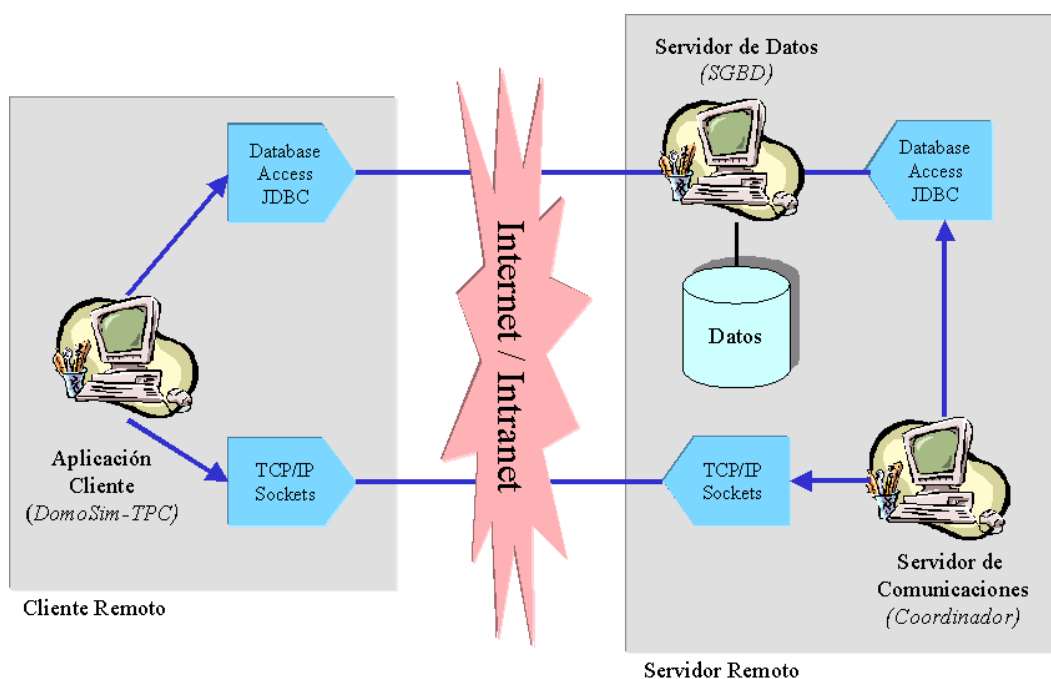


Figura IV.4. Arquitectura física del sistema.

Tanto la aplicación cliente como el Coordinador hacen uso de los datos que sirve el SGBD, que podrá estar localizado físicamente en cualquier ubicación, aunque en las configuraciones empleadas estaba situado en el mismo ordenador que el Coordinador. Las comunicaciones cliente-servidor se efectúan mediante el modelo TCP/IP sobre redes con tecnología Internet/Intranet y los accesos a la base de datos se realizan mediante JDBC¹⁸. Las aplicaciones que se ejecutan se han desarrollado en Java¹⁹. Explicaremos en detalle esta arquitectura en el capítulo V, comentando los diferentes sistemas operativos y SGBD empleados en la realización de las experiencias.

Modelo semiestructurado de interacción

En el aprendizaje cooperativo distinguimos dos tipos de métodos de soporte (Hron et al, 1997; Manzini et al, 1998):

- Métodos globales que estructuran la cooperación a un nivel general, por ejemplo proporcionando soporte para la organización del grupo, procesos de monitorización, etc.
- Métodos estructurados o guiados de aprendizaje cooperativo, que proporcionan protocolos estructurando el diálogo y las acciones de los aprendices.

¹⁸ <http://java.sun.com/products/jdbc>

¹⁹ <http://java.sun.com>

La estructuración global de los primeros métodos la conseguimos con los niveles, subsistemas y espacios de trabajo en que nos basamos. Los segundos métodos se refieren a la estructuración de las interacciones colaborativas. En el entorno las interacciones más significativas son las efectuadas durante el diseño y simulación orientados a la resolución de problemas. Por tanto, propondremos un modelo de semiestructuración de las interacciones síncronas para la resolución colaborativa de problemas de diseño. Este modelo se basará en el *Scripting*, para materializar protocolos de colaboración que estructuren el proceso de resolución de problemas, en la Perspectiva del Lenguaje/Acción, basada en actos del habla, para instrumentar la ejecución de ciertas tareas, y en la Estructuración Flexible, para construir herramientas efectivas de comunicación y coordinación. En los siguientes apartados profundizaremos en estos enfoques.

Protocolo de Colaboración

Antes de avanzar en los fundamentos de la estructuración basada en protocolos de colaboración cabe hacerse una pregunta: ¿por qué estructurar una situación de aprendizaje por ordenador? En ese sentido, y en relación a las configuraciones síncronas, varios estudios de campo han comprobado que los estudiantes pueden aprender eficazmente en parejas y en pequeños grupos si son asistidos por métodos de aprendizaje adecuados (Slavin, 1995). Consideremos también la siguiente situación: un grupo de aprendices está discutiendo un concepto que ha sido introducido en una presentación previa; el estudiante más elocuente y extrovertido está dominando la discusión; las ideas y argumentos de los compañeros pasan desapercibidos. En esta situación se ha comprobado que proporcionar un conjunto de reglas que posibiliten a todos participar y estructurar la discusión como un proceso cooperativo puede guiar la interacción en las discusiones y mejorar el proceso de aprendizaje (Hall & Mancini, 1997). Este y otros ejemplos indican que el aprendizaje puede mejorar definiendo ciertas restricciones y estructurando el proceso. Para este objetivo se utilizan los Protocolos de Aprendizaje, que son un soporte de aprendizaje integrado que describe cómo realizar restricciones, reglas y métodos de estructuración de los procesos en un entorno de CSCL (Wessner et al, 1999). Como Miao & Haake (1998a), llamaremos Protocolos de Colaboración a estos Protocolos de Aprendizaje.

Los protocolos de colaboración, entendidos como métodos guiados de aprendizaje cooperativo, están fundamentados en las teorías de los *scripts* psicológicos. En la psicología cognitiva y social el conocimiento general respecto a una secuencia rutinaria de eventos relacionados se conoce comúnmente como *script*. Un *script* es una estructura de conocimiento que, una vez activada, ofrece información de qué eventos se esperan y cómo actuar en una situación específica, es decir, puede verse como una especie de esquema. Desde esta aproximación, los protocolos son un conjunto de *scripts* útiles para el aprendizaje, exteriorizados como métodos ejecutables, con roles, eventos y acciones explícitas. Estos protocolos pueden enriquecerse integrando control sobre otros recursos y espacios de trabajo compartidos.

Los Protocolos de Aprendizaje son útiles en diferentes niveles del proceso de aprendizaje colaborativo (Wessner et al, 1999):

- En el nivel más básico guían los procesos de comunicación elemental entre los aprendices, por ejemplo en discusiones (audio o chat), presentaciones o diálogos.

- En el siguiente nivel soportan actividades de grupo que necesitan algún control de coordinación, navegación común a través de documentos hipermedia o preparación de agendas y horarios.
- El tercer nivel se refiere a protocolos que se diseñan para soportar cooperación, por ejemplo la edición conjunta o el desempeño de roles específicos en un dominio.

Cada uno de los niveles va desde protocolos de colaboración genéricos, como protocolos de discusión, hasta protocolos específicos de aprendizaje, como dar una explicación en un determinado dominio.

Los protocolos de aprendizaje pueden representarse como un diagrama estado-transición. En cada estado los usuarios pueden efectuar acciones tales como comunicarse o manipular artefactos. La transición a otro estado se dispara por acciones de los usuarios o al alcanzarse una condición específica, como la superación de un *time-out* en el estado precedente. Por supuesto, en los protocolos se pueden producir iteraciones y ramas condicionales.

Para el diseño y simulación proponemos un protocolo general basado en los siguientes estados (figura IV.5): Diseño, Reparto de Tareas, Parametrización y Simulación. Cada uno de ellos se corresponde con un subespacio de trabajo. Denominamos subespacios a estos estados porque son espacios contenidos dentro del espacio de trabajo más general de Diseño y Simulación. En cada subespacio puede disponerse a su vez de un protocolo que regule las tareas que se efectúan en él.

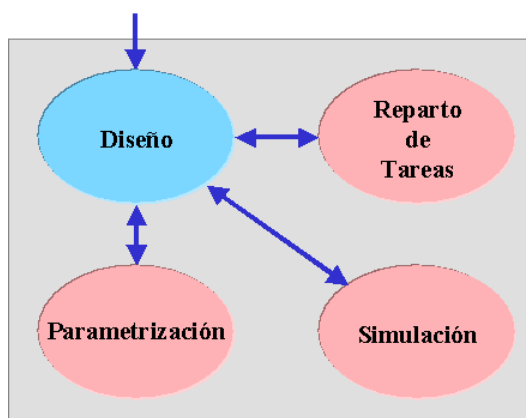


Figura IV.5. Protocolo general de colaboración para el diseño y simulación.

Estructuración Flexible

Con la Estructuración Flexible Lund et al (1996) proponen un diálogo específico para el aprendizaje que limita la conversación a un conjunto de formas preestablecidas y que generalmente fomentan el aprendizaje. Se trata de favorecer la incidencia de patrones de interacción colaborativa preferiblemente utilizados. Esta aproximación supone un camino intermedio entre restringir completamente las interacciones y la total ausencia de restricciones.

La Estructuración Flexible proporciona restricciones flexibles y una guía en el uso de ciertas secuencias de actos comunicativos en contextos específicos de diálogo. Presenta principalmente tres ventajas potenciales:

- Proporciona la representación explícita de ciertos actos de comunicación (por ejemplo el acto *¿por qué?*) que animan a los estudiantes a participar.
- Una interfaz de comunicación especializada, basada en la interacción gráfica o textual, puede reducir la carga de escritura y facilitar la coordinación, permitiendo centrarse más en la tarea y en la interacción reflexiva.
- Desde el punto de vista del sistema, la interfaz especializada evitaría problemas de entendimiento del lenguaje natural.

Hemos aplicado la Estructuración Flexible a la construcción de un Chat, al que llamamos Dirigido, que hemos incorporado a todos los subespacios que forman el protocolo principal de colaboración. Este chat utiliza un conjunto preestablecido de actos de comunicación que dirigen la conversación, de ahí su nombre. Se utilizará para la comunicación en general y para la negociación y argumentación en particular. Estos dos tipos de interacciones han sido muy estudiados en la investigación en Aprendizaje Colaborativo (Dillenbourg et al, 1996): la negociación, desde la concepción de Vygotsky sobre la cooperación, se entiende como un indicador de la participación conjunta en la resolución de tareas, y la argumentación como un posible medio para resolver conflictos socio-cognitivos.

En el contexto de la resolución conjunta de problemas, podemos ver la negociación como el proceso por el cual los estudiantes intentan (más o menos conscientemente) alcanzar acuerdos en aspectos del dominio de la tarea (cómo representar el problema, qué subproblema considerar, qué métodos utilizar, referentes comunes, etc.) y en ciertos aspectos de la propia interacción (quién hará algo y dirá qué y cuándo). En otras palabras, podemos ver al menos tres diferentes tipos de comportamientos de negociación que pueden dar diferentes resultados de aprendizaje: (1) construir conjuntamente soluciones a problemas por refinamiento mutuo, (2) explorar diferentes alternativas opuestas en la argumentación y (3) utilización de un estudiante por otro como recurso.

La argumentación es una de las estrategias que pueden utilizarse en la interacción colaborativa. Como tal, la manera en que el conflicto o desacuerdo puede resolverse en una fase subsiguiente de argumentación está fuertemente influenciada por el contexto del principal objetivo para alcanzar el acuerdo.

Detallaremos el Chat Dirigido en la sección dedicada al subsistema que lo contiene (sección IV.3).

El Lenguaje como Acción

Además de interacciones de comunicación como la negociación y la argumentación, para la construcción de artefactos son necesarias otro tipo de interacciones para desarrollar tareas específicas. Para modelizar la ejecución de tareas nos basamos en la Perspectiva del Lenguaje/Acción (Flores, 1981; Flores & Ludlow, 1981; Winograd & Flores, 1986; Winograd, 1988), que se fundamenta en el lenguaje como dimensión primaria de la actividad cooperativa humana. Está basada en los Actos del Habla de Searle (1969), y es adecuada para representar la comunicación entre grupos. Según Winograd (1988), desde esta perspectiva es posible crear sistemas que sean efectivos para realizar un trabajo que conlleve la comunicación y acción coordinada entre un grupo de personas. Se considera que las personas actúan mediante el lenguaje, frente a la perspectiva más dominante en la que procesan información y toman decisiones. Aunque esta aproximación descansa en teorías del lenguaje, no lo hace desde un punto de vista lingüístico: enfatiza su uso, no su

forma. No interesan las unidades del habla del lenguaje natural, sino el significado común del lenguaje para la comunicación entre personas.

Utilizamos la conversación en un sentido muy general para indicar una secuencia coordinada de actos que pueden interpretarse por tener un significado lingüístico. En cada punto de la conversación hay un pequeño conjunto de tipos de acciones posibles, determinados por la historia previa. Para describir el diálogo utilizaremos grafos conversacionales, que representan los tipos de intervenciones que pueden aparecer durante la conversación.

Un ejemplo de este enfoque es Coordinator (Winograd, 1988), que es un sistema conversacional de primera generación que ofrece funcionalidades para generar, transmitir, almacenar, recuperar y visualizar mensajes en el contexto de una conversación. Las interpretaciones del lenguaje son efectuadas por los usuarios, que son guiados por menús y mensajes apropiados. El uso del sistema no supone un trabajo extra de anotación para los usuarios; de hecho reemplaza la escritura de parte de los contenidos por interacciones estructuradas más directas y que normalmente son más eficientes.

Modelaremos desde esta perspectiva ciertos procesos que se siguen en los subespacios de Reparto de Tareas, Parametrización y Simulación, como son: la elección de un criterio de reparto, la asignación de tareas, la elección de valores para los parámetros, la creación y elección de casos de simulación y la creación y verificación de hipótesis de simulación.

IV.1.3. Aspectos de funcionamiento

Para que un entorno como el que se ha desarrollado sea exitoso ha sido necesario considerar numerosos aspectos teniendo en cuenta factores como la tecnología con la que se cuenta, la problemática de utilización que ésta conlleva, los usuarios y los requisitos que éstos tienen, la complejidad del dominio, las cuestiones de organización, los aspectos sociales, etc. En especial hay que tener presente que hemos materializado una situación de colaboración a distancia en tiempo real.

Desde estas consideraciones se han fijado algunos requisitos o principios de funcionamiento que pueden verse como características principales del entorno:

- **Rendimiento**: El sistema debe tener un alto rendimiento. En particular la interacción colaborativa síncrona, el trabajo a distancia y el uso de un SGBD remoto no deben mermar este rendimiento. Los participantes no deben sufrir retardos en la comunicación ni en el reflejo de las acciones remotas de los participantes. De la misma manera, la simulación colaborativa debe realizarse sin pérdida aparente de tiempo.
- **Seguridad**: Se requieren mecanismos de seguridad para garantizar que el trabajo de los individuos o de los grupos se mantenga privado y no pueda ser accedido por otros (confidencialidad), así como dispositivos hardware y software fiables que aseguren el acceso en todo momento a los datos (disponibilidad) y la precisión y coherencia de éstos (integridad).
- **Persistencia**: Toda la información que se introduzca en el sistema (diseños, mensajes, información de organización...), debe ser persistente. El trabajo de los usuarios debe almacenarse para que sea continuado en sesiones posteriores.

- Usabilidad: El sistema debe tener una usabilidad alta para asegurar que los usuarios puedan efectuar su trabajo con la máxima eficacia y facilidad de uso. Así mismo, para cada tarea se debe disponer de las herramientas, estrategias y principios de interacción más adecuados.
- Manipulación directa: El diseño del modelo y su simulación deben realizarse sobre una pizarra electrónica de trabajo bajo el paradigma de la manipulación directa basada en el Modelo Objeto-Acción. Este paradigma destaca por facilitar el aprendizaje y el uso intuitivo y eficaz de los sistemas.
- Herramientas integradas: Las diferentes herramientas necesarias estarán incluidas en el sistema. El usuario se siente más cómodo si trabaja en un entorno familiar y no tiene que tratar con una interfaz distinta en cada herramienta que utilice.
- Comunicación: Es preciso contar con las herramientas adecuadas para la realización de las tareas que no están directamente relacionadas con el dominio o con el diseño, sino que asisten en el proceso de colaboración. Estas tareas son las de comunicación y coordinación entre los participantes.
- Telepresencia: Para facilitar el trabajo de los participantes, que suelen estar aislados desde una localización remota, deben ofrecerse técnicas de *awareness* que faciliten la percepción de los usuarios y del trabajo que realizan y ayuden a tener una sensación de trabajo en equipo. Esto contribuye a disminuir la desmotivación que se pueda producir en el uso del entorno y mantener el interés.
- Social: Desde el punto de vista social, la situación de aprendizaje debe modelarse como si fuera una situación real: los alumnos forman grupos (parejas o tríos) y realizan ejercicios prácticos planteados por profesores.
- Aprendizaje: El funcionamiento de la aplicación quedará adaptado y estructurado de acuerdo a la utilización de métodos de aprendizaje adecuados.
- Realidad: El diseño de escenarios debe ser lo mas parecido posible a la situación real. Se utilizará el vocabulario del dominio y las técnicas de representación del mismo.

A continuación describimos las características del entorno, que responden a los anteriores requisitos de funcionamiento, desde las perspectivas tecnológica, organizativa, colaborativa y del dominio.

Aspectos tecnológicos

La utilización adecuada de la tecnología es el soporte que permite materializar los objetivos y requisitos planteados. Sin ella la construcción de este entorno, basado en la arquitectura y modelo planteados, y un funcionamiento satisfactorio no serían posibles.

Los aspectos de funcionamiento del sistema relacionados con la tecnología son los siguientes:

- La comunicación entre aplicaciones y procesos se basa en *sockets*, que permiten un mayor control sobre la comunicación, eliminando capas de abstracción y obteniendo por ello mayor rendimiento. Dentro del uso de *sockets* se ha optado por los orientados a conexión sobre los protocolos TCP e IP, en lugar de los basados en datagramas (no orientados a conexión), más sencillos pero que obligarían a detallar el destino de la comunicación en cada paquete. Los primeros son también más seguros porque el propio protocolo se encarga de la gestión de errores de transferencia.
- Los paquetes de datos enviados en las comunicaciones han sido optimizados para lograr la mayor velocidad posible de transferencia. En concreto la información viaja por el canal de manera comprimida, desplazándose el menor número de bits posible.

- La gestión de datos se realiza de manera centralizada utilizando un SGBD. La información que se almacena incluye mensajes, trazas, información del dominio, información de organización, información de diseño, etc. Es preciso elegir un SGBD que arroje un alto rendimiento debido a la particular importancia del tiempo en un sistema colaborativo síncrono. En ese sentido se han realizado pruebas sobre diferentes configuraciones que han dado lugar a la elección de un SGBD y un sistema operativo concretos. Junto con el hardware, el SGBD garantiza la integridad y disponibilidad de la información requeridas.
- Todas las herramientas de diseño, coordinación y comunicación que han sido desarrolladas en el marco de esta investigación siguen el mismo estilo de interfaz y están integradas en un único entorno. Por tanto, no es necesario utilizar software adicional para realizar el trabajo, lográndose que el usuario se sienta más cómodo al no tener que manejar diferentes herramientas.
- El sistema es configurable y permite adaptarse para trabajar desde cualquier ubicación y acceder a cualquier dirección IP en la que se encuentren los servidores, tanto de datos como de comunicaciones. Además, el sistema puede ser accedido desde una página web.
- El sistema utiliza mecanismos de identificación y autenticación de usuarios para garantizar la confidencialidad, aspecto básico de la seguridad y protección de la información.

Aspectos organizativos

En un entorno de resolución de problemas de diseño los aspectos organizativos sirven para crear las condiciones necesarias para trabajar con él. Desde este punto de vista el funcionamiento del sistema se basa en las siguientes ideas:

- Los usuarios disponen de un *login* de acceso al sistema. Una vez conectados son autenticados y reconocidos por éste. De cada usuario se almacena una foto que permite que éstos se reconozcan entre sí. Ver el aspecto de los compañeros reduce las barreras a la colaboración producidas por el distanciamiento.
- Los problemas son resueltos por pequeños grupos de alumnos, organizados y coordinados por el profesor tutor. Esto se asemeja a la organización de grupos de alumnos para realizar prácticas o ejercicios de laboratorio en la enseñanza tradicional.
- El profesor realiza la propuesta de problemas a los grupos mediante actividades, concepto con el que los alumnos están muy familiarizados. De la misma manera las actividades se realizan en sesiones con un horario conocido y fijado de antemano, aspecto también similar a los horarios de clases de laboratorio que se tienen en los centros de enseñanza.
- Toda esta información de organización, tanto de las actividades nuevas como de las ya realizadas, se almacena en la base de datos, y se mantiene con la ayuda de herramientas de gestión y de autor integradas en el entorno.
- Los alumnos deben coordinarse y organizarse para efectuar las actividades en el horario fijado. Para ello dispondrán de herramientas adecuadas.
- El profesor puede estudiar el trabajo efectuado por los estudiantes y podrá evaluarlo, efectuando los comentarios pertinentes. Esta evaluación será asistida por herramientas automáticas basadas en la inferencia sobre el proceso de diseño.

Aspectos colaborativos

El entorno desarrollado es, ante todo, un sistema colaborativo. Todo el trabajo realizado por los usuarios se efectúa en grupo. En estos aspectos influyen tanto los anteriores aspectos tecnológicos, que sirven para crear los espacios en los que se instrumenta la colaboración, como los aspectos organizativos, que definen el marco en el que situar la colaboración. Como principales aspectos de funcionamiento en relación a la colaboración cabe destacar los siguientes:

- El uso del sistema se realiza desde dos roles posibles: profesor y alumno. Cada rol ofrece acceso a determinadas partes del entorno y diferentes modos de colaboración.
- El trabajo de resolución colaborativa de problemas en grupo se organiza en sesiones, que son el mecanismo de coordinación para la realización conjunta de las actividades.
- Existe un amplio abanico de herramientas colaborativas generales y específicas, a las que los alumnos están muy habituados por su relación con el mundo Internet, como son las siguientes: Correo Electrónico, Chat, Agenda de Sesiones, Herramienta de Toma de Decisiones y Chat Dirigido.
- Todas las herramientas han sido diseñadas para ofrecer la mayor facilidad y la mejor funcionalidad de cara a su uso colaborativo, permitiendo a los usuarios realizar sus tareas de una manera eficaz. Esto incluye el diseño de las interfaces de usuario.
- El proceso global de aprendizaje se ha estructurado desde diferentes perspectivas y en función de varios niveles de generalidad para obtener la mayor eficacia posible en el trabajo de diseño y su aprendizaje.
- Respecto a los mecanismos colaborativos, podemos estudiar cómo se realiza la colaboración en los espacios de trabajo principales:
 - Diseño: El diseño en la superficie de trabajo se realiza mediante manipulación directa, siguiendo un Modelo Objeto-Acción. Esto genera un diálogo de tipo no modal (Cox & Walker, 1993a) en el que primero se selecciona o se trabaja con un objeto y posteriormente se le aplica una acción. Las acciones son distribuidas a todos los participantes para que sean reflejadas y trabajen sobre el mismo modelo. Una variante de diseño es aquella en la que cada participante ve únicamente el trabajo que le ha correspondido (áreas de la pantalla o tareas específicas) cuando se ha realizado un reparto de trabajo. Se puede visualizar la situación global mediante una acción de integración con el trabajo de los compañeros. Al trabajar varias personas sobre una pizarra que es limitada en tamaño, puede suceder que los elementos que contiene no se visualicen correctamente, por ejemplo porque se tapen unos a otros o porque estén demasiado juntos. Para paliar este inconveniente se proporciona la funcionalidad de poder ver determinadas partes del modelo, filtrando los objetos a mostrar de acuerdo a un criterio de agrupación y logrando así una visualización por capas.
 - Reparto de Tareas y Parametrización: Estas herramientas están estructuradas de acuerdo a la función que realizan. En ambas se trata de llegar a algún acuerdo en relación al valor que tiene que tomar una variable. Esto se ha modelado con botones que representan actos del habla. Por tanto podemos decir que también se utiliza la manipulación directa para la expresión de los acuerdos y desacuerdos por parte de los usuarios.

- Simulación: En la simulación destacan dos tipos de tareas: las previas a la simulación del modelo y las que se realizan durante la propia simulación. Las primeras son tareas de selección de casos y discusión de hipótesis que siguen un modelo conversacional basado en mensajes. En la simulación la interacción en tiempo real de los usuarios con el modelo se efectúa mediante manipulación directa de acuerdo al Modelo Objeto-Acción (Cox & Walker, 1993a).
- La sincronización necesaria para soportar el mecanismo de transición entre subespacios de trabajo se logra con la Herramienta de Voto.
- Para la colaboración síncrona entre participantes es muy importante saber qué están haciendo los compañeros en un momento determinado. Esto se consigue gracias al panel que informa, mediante un estado, de lo que hace el compañero, a la Lista de Interacciones que indica qué han hecho los miembros del grupo y a los telepunteros que permiten conocer dónde lo están haciendo.
- Cuando el sistema detecta inconsistencias o errores en la realización de las tareas, ofrece mensajes de ayuda, provocando la reflexión y el descubrimiento. Los mensajes dependen del nivel de ayuda de la actividad y son mostrados al individuo que propone un desplazamiento desde un espacio a otro, que debe ponerlos en conocimiento de los demás para afrontarlos colaborativamente.

Aspectos del dominio

La aplicación del entorno a un dominio concreto (Domótica) permite poner en práctica los sistemas, arquitecturas y modelos desarrollados a la vez que facilitar el proceso de abstracción necesario para desarrollar una propuesta general.

Las características de funcionamiento del entorno en cuanto a su relación con el dominio de la Domótica son las siguientes:

- El dominio se ha modelado como un conjunto de objetos que se relacionan de acuerdo a unas reglas. Este enfoque facilita el entendimiento y manipulación de los elementos que representan el dominio, una vez que el usuario ha alcanzado el grado de abstracción necesario. Con ello se consigue también un funcionamiento homogéneo de las herramientas de diseño, que trabajan sobre objetos y permiten realizar operaciones sobre ellos.
- El dominio es rico y complejo, y se ha representado intentando reflejar fielmente el modelo mental que tiene el diseñador o experto para facilitar la relación del usuario con el dominio, que se produce de manera natural.
- Los objetos del dominio se han representado de manera adecuada (iconos) y con un aspecto como el que tienen estos operadores en la vida real. También se ha utilizado el vocabulario típico del dominio para ofrecer a los participantes una visión lo más fiel posible de la tarea de diseño.

IV.2. Subsistema Gestor de Actividades

En esta sección presentamos el Subsistema Gestor de Actividades, encargado de la gestión y organización de la información relativa a las actividades de resolución de problemas. Esta información está formada, principalmente, por la colección de problemas

de diseño y el conjunto de personas involucradas. La información se modelará mediante un conjunto de entidades o clases de objetos y de relaciones entre ellas, y se describirán las herramientas software que permitirán organizar y mantener dicha información.

IV.2.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución

El problema al que nos enfrentamos es la gestión de las actividades de resolución de problemas. Para ello modelamos la información necesaria en esta gestión y construimos un subsistema que materialice dicha gestión. En ese trabajo identificamos una serie de entidades y las relaciones entre ellas, lo que da lugar a un modelo de datos lógico, especificado en UML, que se transformará en un modelo físico y será utilizado por un conjunto de herramientas software. Las entidades consideradas son: Problema, Actividad, Sesión, Alumno, Profesor y Grupo.

Muchas aplicaciones de aprendizaje colaborativo o de trabajo colaborativo utilizan entidades similares en su funcionamiento. DomoSim-TP (Bravo, 1999a), aplicación predecesora de DomoSim-TPC, contiene una colección de problemas que los alumnos tienen que resolver individualmente; DEGREE trabaja con usuarios, grupos y actividades; SESAM utiliza alumnos, profesores y proyectos; COLER modela usuarios, tutores y problemas; TurboTurble también identifica alumnos, profesores, actividades y problemas. Basándonos en las ideas de estos y otros sistemas y en nuevas aportaciones, hemos desarrollado las herramientas que se muestran en los siguientes apartados.

IV.2.2. Problemas de diseño

Desde el punto de vista del diseño, cuando un técnico se enfrenta a la tarea de diseñar una instalación o construir un artefacto de acuerdo a una serie de requisitos, está solucionando, en realidad, un problema, el de satisfacer unas necesidades con unos recursos determinados. Una colección de problemas es algo fundamental en una aplicación de enseñanza del diseño, lo que también justifica la utilización del método instruccional del PBL. Los problemas de la colección deben ser creados por profesores y expertos en el dominio, que normalmente dispondrán de herramientas de autor para la creación de los contenidos relativos al dominio.

El tipo de problema que hemos modelado queda definido por la siguiente información: (1) información de identificación del problema (*identificación, nivel_complejidad*), (2) enunciado que describe los objetivos de resolución a alcanzar (*enunciado*), (3) plano donde efectuar el diseño, (4) escenario, en el que se sitúa el plano (*datos_vivienda*), (5) conjunto de restricciones de diseño (*restric_necesidades*), (6) conjunto de necesidades (*restric_necesidades*), (7) modelo de comportamiento del entorno (*datos_entorno*) y (8) casos e hipótesis de simulación (*datos_simulación*). El Modelo Estructural que representa esta información, considerando las clases relevantes, se muestra en la figura IV.6.

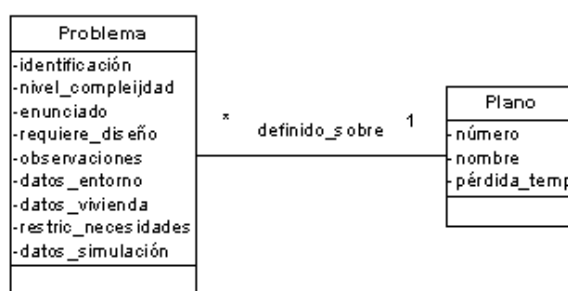


Figura IV.6. Modelo Estructural de problemas y planos.

Los problemas que se utilizan en DomoSim-TPC han sido descritos en el capítulo III. La colección de problemas ha sido creada por expertos en el dominio y profesores, asegurando la máxima semejanza entre la realidad y el modelo de simulación, garantizando un proceso de aprendizaje realista. En esta situación el alumno se sitúa en el papel de un diseñador profesional, con la diferencia de que realizará el diseño domótico con una herramienta informática en lugar de realizarlo en una instalación real. Esta memoria de problemas se organiza en tres niveles de complejidad: alto, medio y bajo. Esto facilitará al autor la propuesta de problemas con un determinado nivel de complejidad según el nivel de conocimientos del grupo. Identificamos, como en el sistema anterior a DomoSim-TPC, DomoSim-TP (Bravo, 1999a), los tipos de problemas que se suelen proponer en cada nivel:

- Nivel bajo o inicial: Relativo a problemas que se centran en experimentar con los objetos propios del dominio y sus relaciones, sin hacerlo sobre ningún plano. También es llamado nivel de operador y sistema, y persigue el conocimiento funcional, estudio de parámetros y simulación del comportamiento de sencillos operadores clasificados en actuadores, receptores y controladores.
- Nivel medio: Se utilizan objetos del dominio y sus relaciones, diseñando sobre planos reales. También se denomina nivel de área de servicio, y persigue el conocimiento y estudio de aplicaciones por áreas. Los planos podrán ser simples (de una única habitación) o planos compuestos (conjunto de habitaciones que forman una unidad completa). Estos últimos serán, lógicamente, de una complejidad mayor.
- Nivel alto o avanzado: Combina todos los tipos de sistemas con planos compuestos, estudiándose una unidad arquitectónica completa.

En la figura IV.7 pueden verse los datos de identificación de los problemas que gestiona la Herramienta de Mantenimiento de Problemas de DomoSim-TPC. Esta herramienta dispone de solapas para organizar toda la información relativa al problema, descrita con detalle en el modelo de Domótica del capítulo III. Puede apreciarse el nivel de complejidad del problema, el enunciado que lo define, el plano sobre el que está definido, un dato que indica si se requiere un diseño y un campo de observaciones. Cuando se requiere un diseño debe construirse un modelo que representa una solución, por el contrario si no se requiere pueden realizarse modelos para experimentar con el entorno, pero no es necesario construir un modelo final. El manual de usuario de la aplicación, que se incluye en los apéndices, explica con detalle el funcionamiento de esta herramienta.

En la figura IV.8 se muestran los datos del entorno. Este entorno se refiere a las condiciones ambientales internas y externas que se utilizarán en el diseño y en la simulación. La ventana correspondiente contiene dos bloques de información: en la parte superior la temperatura e iluminación exterior por horas y en la inferior algunos datos relativos a la simulación. De cada dato se indica si se puede modificar durante el diseño (*Modificable*) y si es un dato que los alumnos deben definir obligatoriamente (*Def.*).

Figura IV.7. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: datos de identificación.

Parámetro	0 h.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	12 h.	14 h.	16 h.	18 h.	20 h.	22 h.
Temp. ext. (°C)	14	12	12	10	12	14	16	19	21	17	15	14
Ilum. ext. (lux)	0.0	0.0	0.0	0.0	100	250	300	250	0.0	150	50	0.0

Figura IV.8. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: datos del entorno.

La figura IV.9 contiene los datos que caracterizan el tipo de vivienda en la que se integra el problema a resolver. El primer bloque de información se refiere a la potencia total de la vivienda y la potencia máxima de cada una de las 10 líneas de carga que puede tener, junto con la sección del cable eléctrico. El segundo bloque contiene valores por defecto, como potencias y capacidades de calor, frío e iluminación. También contiene casillas de verificación para indicar si los datos son modificables y si se tienen que definir.

Gestión de Problemas

Entorno de Aprendizaje **DOMOSIM-TPC** Grupo CHICO
Diseño Domótico **Mantenimiento de Problemas** UCLM

Identificación | Entorno | Vivienda | Restricciones y Necesidades | Simulación

Potencia energética (w) 3500.0
Secc. cable eléct. (mm2) 0.0

Parámetro	Lín.1	Lín.2	Lín.3	Lín.4	Lín.5	Lín.6	Lín.7	Lín.8	Lín.9	Lín.10	Modificable	Def.
Potencia máx.	1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Valores por defecto

Potencia radiadores (w)	200.0	Calor radiadores (cal)	300.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Potencia aires acond. (w)	200.0	Frio aires acond. (frig)	280.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Potencia electrodomésticos (w)	200.0			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Consumo bombillas (w)	60.0	Illum. bombillas (lum)	660.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Consumo sistemas (w)	10.0			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Insertar Modificar Eliminar Limpiar Salir

Figura IV.9. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: datos de la vivienda.

La figura IV.10 recoge las necesidades o exigencias del problema, así como las restricciones de diseño. El primer bloque de información contiene las áreas de gestión y el sistema domótico implicados en el problema. El segundo bloque indica restricciones en el número de operadores que se pueden utilizar y los rangos de temperaturas e iluminaciones a garantizar. El bloque de necesidades contiene el detalle de electrodomésticos exigidos y los aspectos de seguridad a cubrir. Finalmente, en la figura IV.11 se muestran los casos de simulación que acompaña el problema y las hipótesis. Hay que tener en cuenta que los alumnos podrán plantear nuevos casos y nuevas hipótesis.

Gestión de Problemas

Entorno de Aprendizaje **DOMOSIM-TPC** Grupo CHICO
Diseño Domótico **Mantenimiento de Problemas** UCLM

Identificación | Entorno | Vivienda | Restricciones y Necesidades | Simulación

Áreas de gestión

- ☒ Regulación iluminación
- ☒ Regulación temperatura
- ☐ Control energético
- ☒ Control de la seguridad ante accidentes
- ☒ Control de la seguridad frente a intrusión

Restricciones

Sistema exigido Portadora

Nº radiadores 5
Nº aires acondicionados 5
Illum. a garantizar (lux) 1000.0 2000.0
Temp. a garantizar (°C) 17.0 23.0

Electrodomésticos exigidos

- ☐ Televisión
- ☐ Ordenador
- ☐ Cadena de música
- ☐ Vídeo
- ☐ Cocina
- ☐ Botella de butano
- ☐ Hornos
- ☐ Microondas
- ☐ Frigorífico
- ☐ Lavavajillas
- ☐ Lavadora

Necesidades de seguridad

- ☒ Escape de agua
- ☒ Escape de gas
- ☒ Incendio
- ☒ Seguridad ante intrusión

Illum. inicial de todas las habitaciones (lux) 0.0
Temp. inicial de todas las habitaciones (°C) 20.0

Insertar Modificar Eliminar Limpiar Salir

Figura IV.10. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: restricciones y necesidades.

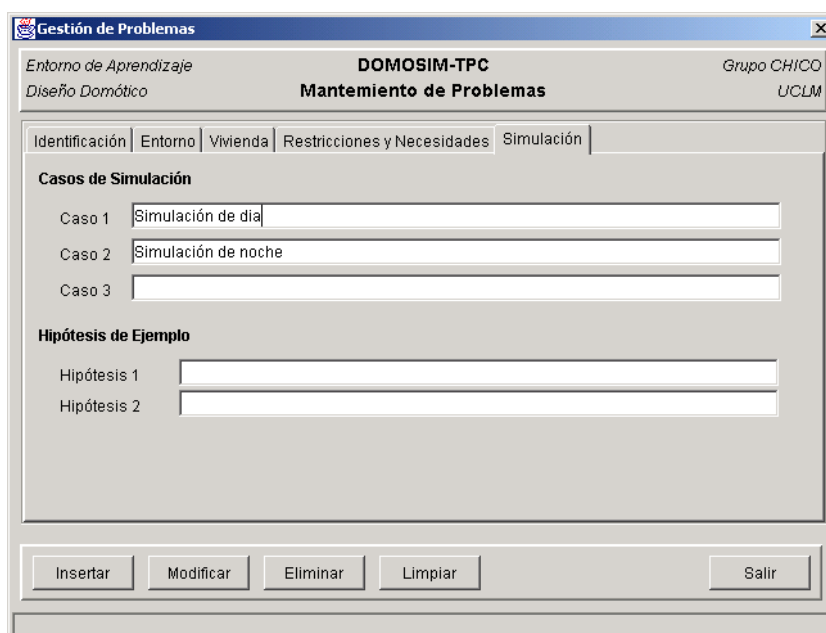


Figura IV.11. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: datos de simulación.

Junto con esta herramienta se dispone de otra herramienta de autor para la creación de los planos arquitectónicos utilizados en los problemas (figura IV.12). Un plano queda caracterizado por una identificación y un nombre, un porcentaje de pérdida de temperatura y las habitaciones, puertas y enchufes que lo forman. Junto con esta información, que se presenta en forma de listas (parte inferior derecha), se mantiene una representación visual del plano (parte superior derecha). Diferentes botones permiten insertar y eliminar elementos.

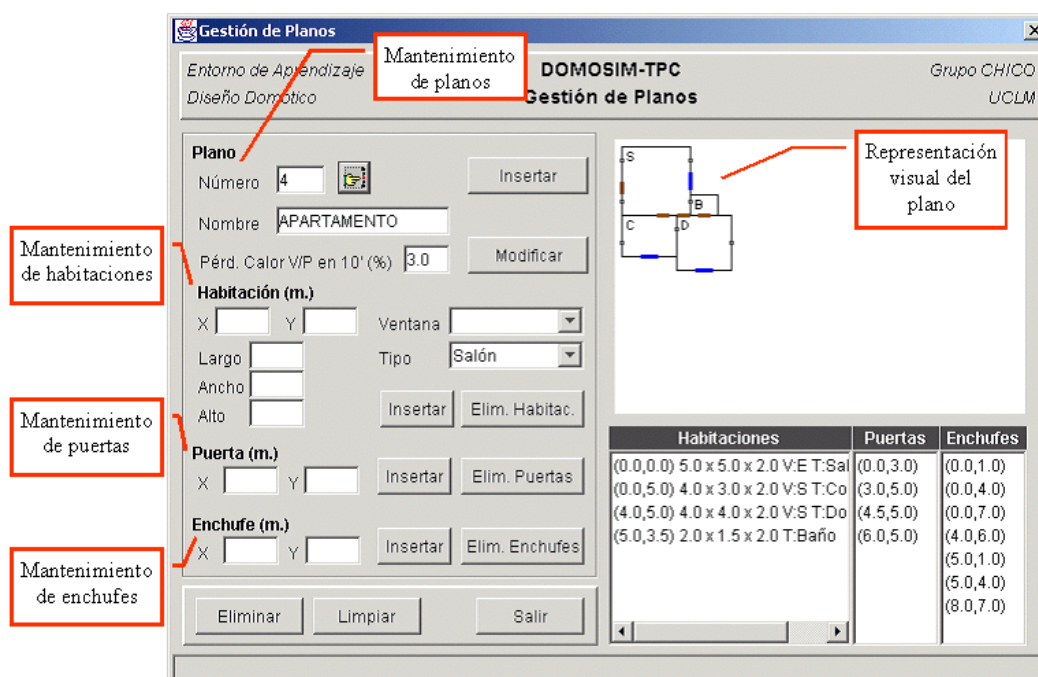


Figura IV.12. Gestión de Planos en DomoSim-TPC.

La figura IV.13 modela los componentes de un plano. Un plano está formado por una colección de habitaciones, una colección de enchufes y una colección de puertas. Los

enchufes y puertas se caracterizan por su situación en el plano (x, y), y las habitaciones, además de por la posición, se caracterizan por sus dimensiones (largo, ancho, alto), la ventana que puedan tener y el tipo de habitación.

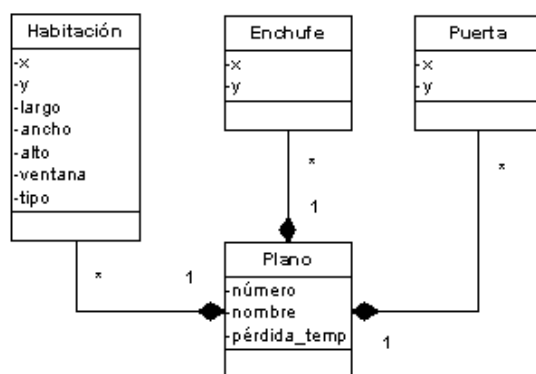


Figura IV.13. Modelo Estructural de un plano y sus componentes en DomoSim-TPC.

IV.2.3. Alumnos, profesores y grupos

Los usuarios del sistema se organizan en dos perfiles: alumnos y profesores. Ambos tipos de entidades son típicos en los sistemas de enseñanza. Los alumnos se constituyen en grupos, a los que el profesor propone la realización de actividades consistentes en la resolución de problemas.

Es conveniente recoger, tanto de alumnos como profesores, un conjunto de informaciones que permitan identificarlos durante el uso del sistema. Esta información se compone de:

- Datos personales: DNI, nombre y apellidos.
- Datos de identificación: *login* y *password*. Permiten implantar una política de seguridad basada en autenticación.
- Fotografía: Que se mostrará en situaciones oportunas, permitiendo que otros usuarios reconozcan visualmente a sus colegas o compañeros.

En la figura IV.14 se muestra un Modelo Estructural en UML de estas clases de objetos así como las asociaciones entre ellos. Las clases Alumno y Profesor son subtipos de la clase Usuario. La clase Grupo permite organizar a los alumnos en grupos. Cada uno de ellos contiene por tanto a un conjunto de alumnos y a un conjunto de profesores coordinadores. Observando las multiplicidades de las asociaciones puede verse que un alumno puede aparecer en más de un grupo, lo que da mayor flexibilidad a la hora de definir éstos. De la misma manera un profesor podrá coordinar más de un grupo. También puede verse que, igual que un grupo está formado por varios alumnos, un grupo podrá estar coordinado por varios profesores.

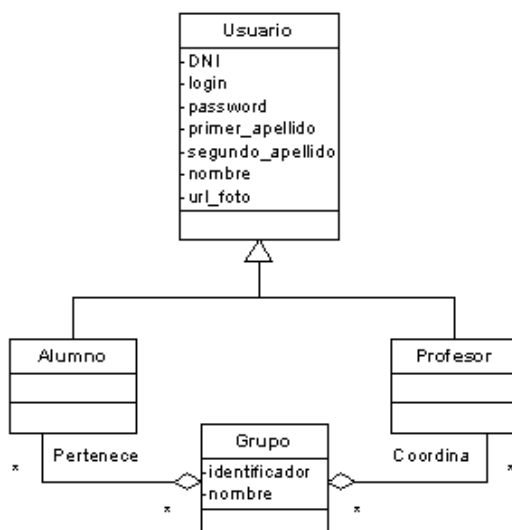


Figura IV.14. Modelo Estructural de alumnos, profesores y grupos.

La figura IV.15 muestra las herramientas de Gestión de Profesorado y de Gestión de Alumnos de DomoSim-TPC. Las ventanas correspondientes a ambas herramientas son muy similares. Destaca la foto del usuario en la parte superior izquierda. La representación elegida para los datos es en forma de formulario. En la parte inferior se encuentran los botones para realizar operaciones de mantenimiento. La figura IV.16 muestra la Gestión de Grupos y la Herramienta de Configuración de Grupos. Cada grupo tiene un identificador y un nombre. En la ventana de la izquierda destacan dos áreas: la lista de alumnos que forman el grupo y la lista de profesores que los coordinan. Los integrantes de estas listas se mantienen en la ventana de la derecha, a la que se accede con el botón *Añadir/Modificar*. En la ventana de Configuración de Grupos los usuarios disponibles se encuentran a la izquierda y los usuarios ya incorporados al grupo a la derecha. Los diferentes botones con flechas permiten mover usuarios hacia una u otra parte. Una explicación con mayor detalle de estas funcionalidades puede verse en el manual de usuario del entorno.



Figura IV.15. Gestión de Profesorado y Gestión de Alumnos en DomoSim-TPC.

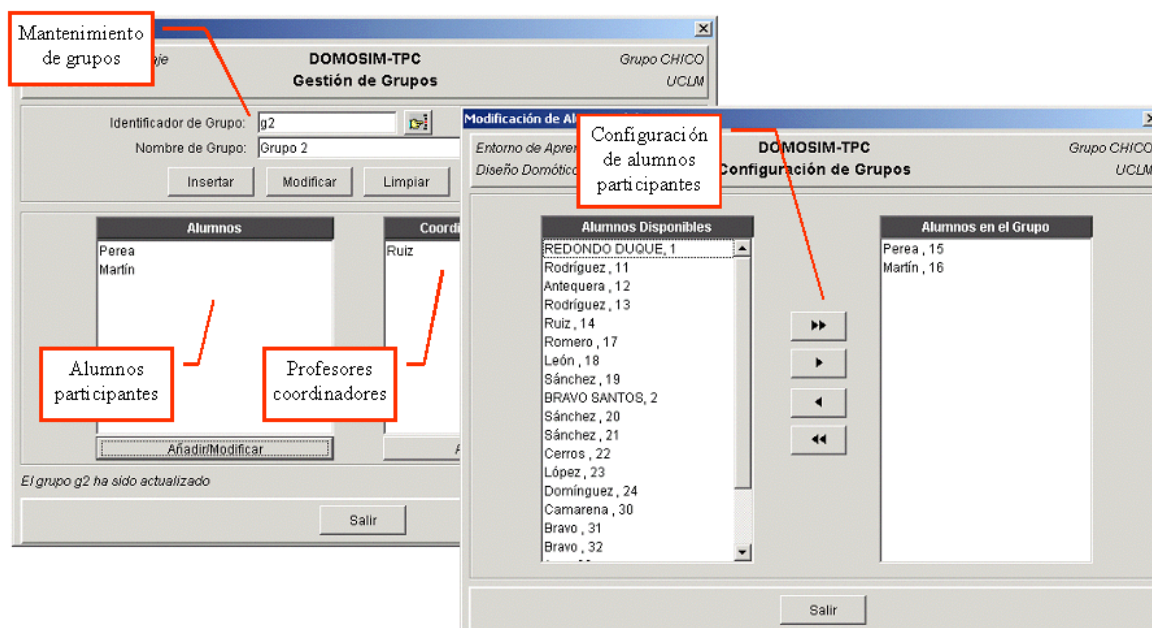


Figura IV.16. Definición de Grupos en DomoSim-TPC.

IV.2.4. Propuesta de actividades y sesiones de aprendizaje

Llamamos actividad a la propuesta de un problema concreto a un grupo de alumnos concreto. Al crear una actividad es necesario especificar el nivel de ayuda, los diferentes modelos de argumentación, el modo de colaboración que seguirán los participantes y, lo más importante, el grupo al que se propone (figura IV.17).

El nivel de ayuda de la actividad puede ser alto, bajo o medio. Esto aporta el adecuado *scaffolding* (andamiaje) (Rosson & Carroll, 1996), determinando el grado de ayuda que ofrece el entorno. Los alumnos, al ir resolviendo problemas desde una menor a una mayor complejidad, a la vez que van recibiendo cada vez menos ayuda, refuerzan la estructura intrínseca del proceso de resolución de problemas y construyen su conocimiento mediante un proceso de elaboración e integración sucesivas. Cuando un alumno se enfrenta a un problema difícil, anteriormente se ha enfrentado a problemas más fáciles y ha adquirido suficientes habilidades para no necesitar tanta ayuda como al principio.

Los modelos de argumentación se refieren a las diferentes posibilidades para realizar argumentaciones, discusiones o tomar decisiones. En el caso de existir diferentes posibilidades se podrá definir en la actividad el tipo de modelo utilizado para resolver el problema. El modo de colaboración describe el tipo de estrategia de colaboración en el diseño síncrono de la solución al problema.

Además de las actividades, el profesor debe definir las sesiones de trabajo de los alumnos. En un trabajo asíncrono esto no sería necesario, debido a que los usuarios podrían utilizar la herramienta en cualquier momento y de manera independiente. En cambio, al tratarse en este caso de un trabajo colaborativo síncrono, es preciso definir sesiones para que los usuarios puedan sincronizar su trabajo con los compañeros. DomoSim-TPC sería, en este sentido, un Sistema Basado en Sesión (Miao et al, 1999) como SCOPE. Sus autores, Miao & Haake (1998a), definen el concepto de sesión como el periodo de tiempo en el que los miembros del equipo de trabajo efectúan actividades de diseño en un espacio

de información compartido. Las sesiones se crean para la realización colaborativa de tareas, e incluyen un espacio de información común que contiene todos los artefactos utilizados y producidos en la sesión.

Una sesión queda definida por una fecha, un periodo de tiempo caracterizado por una hora inicial y una hora final, y la actividad a realizar en ese momento. Es también interesante poder asignar un texto a cada sesión para describirla y ayudar a diferenciarlas, especialmente porque puede darse el caso de que existan sesiones que definen el mismo periodo de tiempo pero referidas a diferentes grupos de trabajo.

En la figura IV.17 se muestra el Modelo Estructural de la información relacionada con la gestión de actividades. Cada actividad se propone para un grupo. Los grupos de alumnos pueden tener asignadas varias actividades. Para las actividades es preciso definir sesiones de trabajo. Pueden definirse varias sesiones para la misma actividad, especialmente cuando se considera que una actividad no puede realizarse en una única sesión, por limitaciones temporales o por necesidades pedagógicas. Un problema puede plantearse a diferentes grupos, para lo que se utilizarían diferentes actividades.

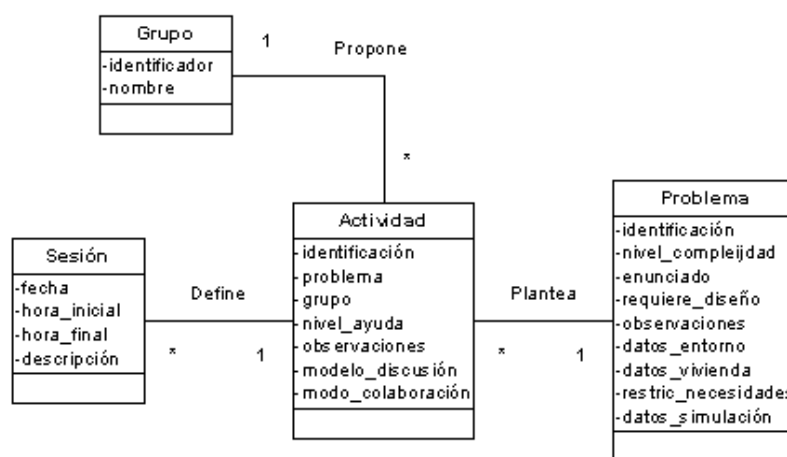


Figura IV.17. Modelo Estructural de actividades y sesiones.

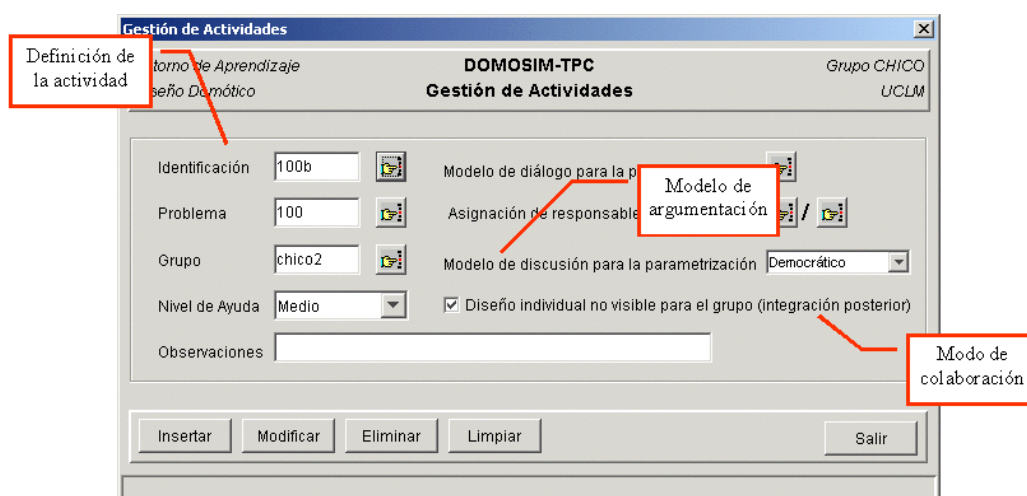


Figura IV.18. Gestión de Actividades en DomoSim-TPC.

La figura IV.18 muestra la Gestión de Actividades en DomoSim-TPC. El modelo de argumentación se concreta en dos estrategias diferentes de discusión en el subespacio de Parametrización para asignar valor a los parámetros, teniéndose dos posibilidades: estrategia democrática y estrategia por propuestas. Estas estrategias se verán en detalle cuando se describa el citado subespacio. El modo de colaboración se refiere a la visibilidad o no de las acciones de diseño entre los miembros del grupo de acuerdo al reparto definido hasta que el usuario no manifieste su voluntad de integrar su diseño con el de los restantes miembros. Profundizaremos en este modo cuando se aborde el subespacio de Reparto de Tareas. La gestión de sesiones, realizada por la herramienta Agenda de Sesiones, se explicará con detalle en la sección siguiente.

En DomoSim-TPC también se ha incluido en la actividad la asignación de responsables y de roles para la planificación asíncrona del diseño, así como el modelo de diálogo para esta planificación. Esta planificación colaborativa del diseño no es objeto de la presente investigación, que es descrita por Redondo (Redondo et al, 2000a; Redondo et al, 2000b; Redondo, 2002).

IV.2.5. Información de simulación

Se incluye también en el Subsistema Gestor de Actividades el mantenimiento de toda aquella información necesaria para la simulación. Ésta se refiere, en general, a toda la configuración genérica de comportamiento del entorno medioambiental que depende del dominio. En el caso de DomoSim-TPC (figura IV.19) hemos incluido unas tablas que permiten configurar cómo se produce el cálculo de la variación de temperatura en las diferentes estancias de la vivienda.

Entorno de Aprendizaje
Diseño Domótico

DOMOSIM-TPC
Incremento de Temperaturas (para 10°)

Volumen (m3)	Calor (cal)	Frío (frig)	T. Inicial (°C)	Incr. Calor (°C)	Incr. Calor (M...)	Incr. Frío (°C)	Incr. Frío (Máx.)
0.0-4.0	0.0-1000.0	0.0-1000.0	5.0-15.0	5.0	6.0	-2.05	-2.46
0.0-4.0	0.0-1000.0	0.0-1000.0	15.0-20.0	4.0	4.8	-3.05	-3.66
0.0-4.0	0.0-1000.0	0.0-1000.0	20.0-25.0	3.0	3.6	-4.05	-4.86
0.0-4.0	0.0-1000.0	0.0-1000.0	25.0-50.0	2.0	2.4	-5.05	-6.06
0.0-4.0	1000.0-2000.0	1000.0-2000.0	5.0-15.0	6.0	7.2	-2.25	-2.7
0.0-4.0	1000.0-2000.0	1000.0-2000.0	15.0-20.0	5.0	6.0	-3.55	-4.26
0.0-4.0	1000.0-2000.0	1000.0-2000.0	20.0-25.0	3.5	4.2	-5.05	-6.06
0.0-4.0	1000.0-2000.0	1000.0-2000.0	25.0-50.0	2.2	2.64	-6.05	-7.26
0.0-4.0	2000.0-3000.0	2000.0-3000.0	5.0-15.0	8.0	9.6	-2.55	-3.06

Incr. T. Calor (°C) --

Incr. T. Frío (°C) --

Incremento de temperatura para el intervalo seleccionado

Modificar Limpial Salir

Figura IV.19. Tabla de Incremento de Temperaturas en DomoSim-TPC.

IV.3. Subsistema de Comunicación y Coordinación

Presentamos en esta sección el Subsistema de Comunicación y Coordinación, cuya función es la de ofrecer un conjunto de servicios de comunicación y coordinación a los usuarios, para utilizar tanto durante la fase de resolución de problemas como previamente a ésta. Para poder dar ese servicio se han construido una serie de herramientas software para la comunicación y la coordinación, que hemos clasificado en herramientas generales y herramientas específicas. Estudiaremos estas herramientas detenidamente partiendo del modelo de datos que las soporta.

IV.3.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución

En la colaboración, la comunicación, la coordinación y la toma de decisiones son críticas para un diseño con éxito (Miao & Haake, 1998a). Desde esta visión es necesario contar, en un entorno colaborativo de diseño, con las herramientas software que soporten este tipo de interacciones entre los usuarios.

Comenzaremos describiendo las herramientas de soporte que hemos incorporado a nuestro entorno. Su estudio se realiza clasificándolas desde diferentes perspectivas. La primera las clasifica en herramientas de comunicación y de coordinación (tabla IV.2). Entendemos la comunicación como el proceso de intercambio de mensajes y la coordinación como el conjunto de mecanismos utilizados para establecer un enlace coherente entre las tareas de cada usuario. La toma de decisiones se va a utilizar para buscar el consenso y hacer votaciones y negociaciones.

Comunicación	Coordinación
Correo Electrónico Chat	
Chat Dirigido	Agenda de Sesiones Toma de Decisiones

Tabla IV.2. Clasificación de las herramientas de comunicación y coordinación de acuerdo a su función.

Otra manera de ver estas herramientas es en función de su ámbito (tabla IV.3). Se tienen, por tanto, herramientas generales, que se utilizan desde diferentes partes del entorno, y herramientas específicas, utilizadas únicamente por el Subsistema de Diseño y Simulación y orientadas a dar soporte al diseño. También pueden verse desde la dimensión del tiempo en el que se realiza la interacción (tabla IV.4), teniéndose herramientas síncronas (colaboración en tiempo real) y asíncronas (colaboración en distinto momento), de acuerdo a la clásica clasificación espacio-temporal de Johansen et al (1991).

Generales	Específicas
Correo Electrónico Chat Agenda de Sesiones	Toma de Decisiones Chat Dirigido

Tabla IV.3. Clasificación de las herramientas de acuerdo a su ámbito.

Asíncronas	Síncronas
Correo Electrónico Agenda de Sesiones	Toma de Decisiones Chat Chat Dirigido

Tabla IV.4. Clasificación de las herramientas de acuerdo al tiempo en el que se produce la interacción.

Para disponer de herramientas de comunicación y coordinación se tienen dos posibilidades: utilizar herramientas de *groupware* ya existentes (sistemas comerciales de correo electrónico como Outlook®²⁰ o Eudora®²¹, sistemas para reuniones electrónicas como Netmeeting®²², etc.) o desarrollarlas de manera que el entorno incorpore todo el software necesario para el trabajo de los usuarios. Nos decantamos por esta última posibilidad por varios motivos. Como George & Leroux (2001), pensamos que los aprendices que utilizan varios productos software al mismo tiempo incrementan su trabajo intelectual. En un contexto de aprendizaje esta carga no es favorable. Cuanto más simple sea el uso de las herramientas más podrán los aprendices concentrarse en sus actividades. En cambio, estos beneficios implican que el entorno contenga todas las herramientas necesarias, lo que supone un esfuerzo de desarrollo importante, pero ésta es la única manera de desarrollar un sistema que cualquier aprendiz pueda usar, independientemente de sus conocimientos informáticos. Además hay otra ventaja en relación a la investigación. El uso de software existente es difícil de analizar. Uno de nuestros objetivos es recoger información sobre el uso del sistema y obtener conclusiones a partir de su análisis. Para ello se necesita que el software registre las acciones y tareas desarrolladas por los usuarios y grupos, funcionalidad que no ofrece el software comercial.

Identificadas las herramientas de las que hay que disponer, es preciso modelar los datos que procesan e implementarlas, teniendo siempre en cuenta el principio de integración que nos hemos marcado, es decir, que todas ellas tengan una misma interfaz, tanto a nivel de apariencia como de manipulación.

IV.3.2. Herramientas generales

Las herramientas generales son el Correo Electrónico, el Chat o Herramienta de Charla y la Agenda de Sesiones.

Correo Electrónico

Se ha dicho a menudo que el *e-mail* ha sido la única aplicación CSCW que ha tenido éxito (Cañas & Waerns, 2001). Esto es porque está muy relacionado con tecnologías familiares, como el teléfono y el correo ordinario, ofreciendo la ventaja del correo con la eficiencia de un contestador automático. Se ajusta muy bien a las situaciones en que las personas trabajan en pequeños grupos con relaciones muy estrechas, y están acostumbrados a reunirse en persona o a hablar por teléfono. Pero, ¿qué ocurre en la

²⁰ <http://www.microsoft.com/office/outlook>

²¹ <http://www.eudora.com>

²² <http://www.microsoft.com/office/netmeeting>

cooperación organizada? En este caso se usa también con bastante éxito, aunque el anonimato de los participantes puede causar algunos problemas, como la falta de responsabilidad en términos de las tareas de trabajo y de los aspectos sociales de éstas.

El correo electrónico sirve para la comunicación a distancia y de una forma asíncrona. El conocimiento entre los participantes, la confianza y la responsabilidad entre ellos tiene que ser asegurada por ellos mismos, individualmente o por el grupo. Numerosas aplicaciones de CSCL o de simulación, como DEGREE, LESP, SIMPLE o WebNet, disponen de un sistema de correo electrónico.

El correo electrónico sirve para transmitir mensajes. El objeto básico que maneja la Herramienta de Correo Electrónico es el mensaje (figura IV.20), que se define como una unidad de información semiestructurada con varios campos. Los diferentes componentes son:

- *Asunto*: Es un texto breve que identifica el mensaje.
- *Para*: Usuario destinatario del mensaje.
- *Responde a*: Usuario que origina el presente mensaje en forma de respuesta. Para responder a un mensaje será preciso seleccionarlo en la lista correspondiente.
- *Tipo*: Permite disponer de mensajes de comunicación, para el intercambio general de información, de coordinación, cuando se coordina el trabajo entre usuarios, o de sistema, si se refiere a la utilización o funcionamiento del sistema.
- *Acceso*: Puede ser privado, utilizado para mensajes que sólo pueda leer el destinatario, o público, mensajes que pueden leer todos los miembros del grupo.
- *Fecha*: Día de emisión del mensaje.
- *Hora*: Hora de emisión del mensaje.
- *Remitente*: Usuario que crea y envía el mensaje.
- *Texto*: Texto del mensaje.

En la edición de nuevos mensajes es preciso completar los campos anteriores con la excepción de *fecha*, *hora* y *remitente*, que son rellenados por el sistema.

Algunas veces el número de mensajes es muy elevado. Para que un sistema de mensajería sea útil debe poder filtrar y ordenar el conjunto de mensajes. En este sentido, nuestra herramienta permite clasificar los mensajes por el campo *tipo de mensaje*.

Las clases de objetos que modelan esta herramienta se muestran en la figura IV.20. La Herramienta de Correo Electrónico almacena el conjunto de mensajes. Asociado a cada mensaje está el usuario que lo envía.

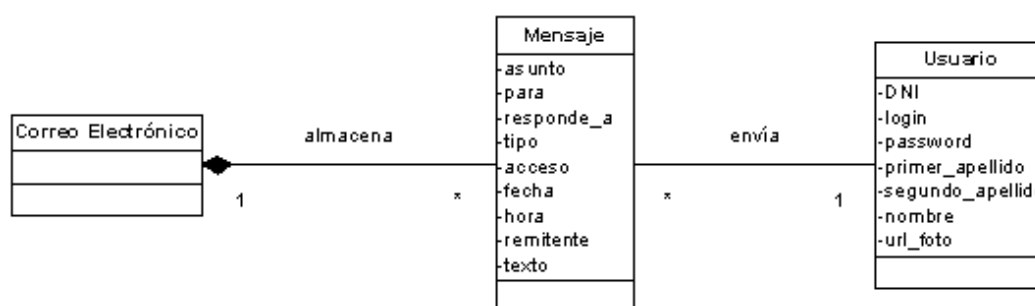


Figura IV.20. Modelo Estructural de la Herramienta de Correo Electrónico.

La interfaz del sistema de mensajería implementado en DomoSim-TPC se muestra en la figura IV.21. En ella se muestran los elementos de un mensaje identificados

anteriormente. Las principales aportaciones de esta herramienta son la clasificación e identificación de mensajes por tipos, la posibilidad de definir el tipo de acceso (público o privado) y la fotografía del emisor de un mensaje como característica de *awareness*. Para más detalles sobre el funcionamiento de esta herramienta se puede consultar el apéndice Manual de Usuario de DomoSim-TPC.

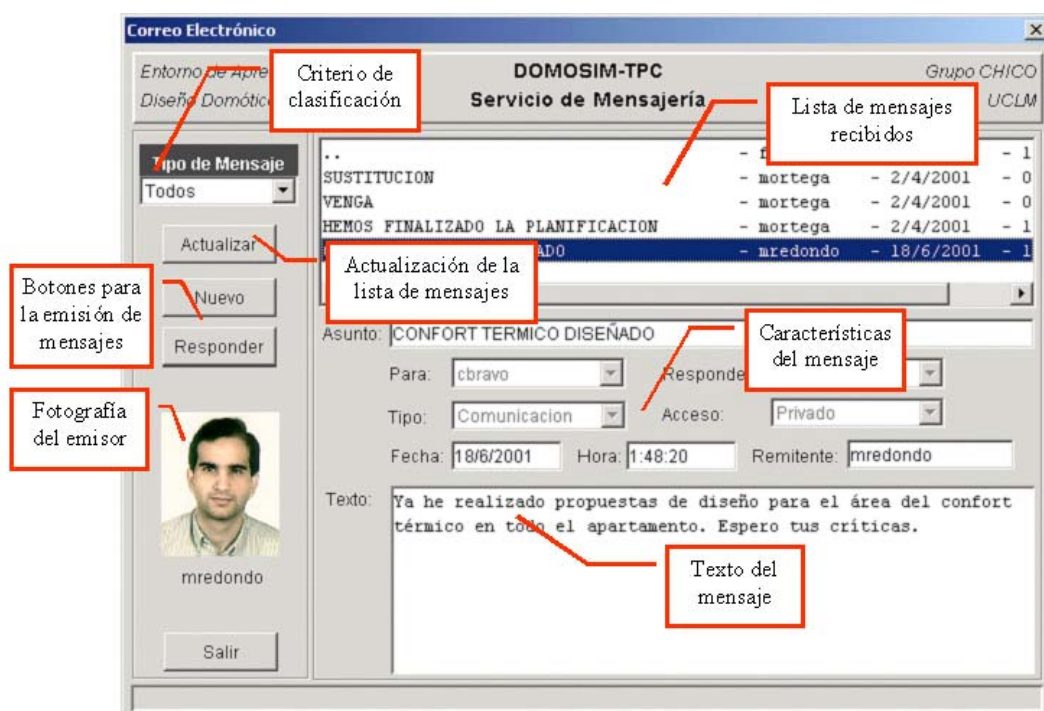


Figura IV.21. Herramienta de Correo Electrónico de DomoSim-TPC.

Chat

La Herramienta de Chat permite la comunicación escrita en tiempo real entre los miembros del grupo. Esta comunicación puede servir para el intercambio de información relativa al dominio, coordinar acciones y alcanzar acuerdos.

Un chat debe contar con una zona de mensajes y un espacio en el que teclear los que se quieran comunicar al conjunto de usuarios al que se está conectado. En esta zona debe aparecer la identificación del usuario que envía el mensaje. Los mensajes del sistema, como el de bienvenida y abandono del chat, aparecen bajo una identificación característica. Hemos utilizado la organización en grupos como medio de instrumentar los canales de comunicación, de manera que un usuario puede comunicarse con todos los de su grupo, a medida que se vayan uniendo éstos a la sesión. Un usuario puede pertenecer a más de un grupo, permitiéndose el cambio de grupo sin abandonar la herramienta. Por este motivo existen dos zonas en la interfaz: la primera (izquierda) permite visualizar los diferentes grupos a los que pertenece el usuario y la segunda (derecha) permite conocer cuáles son los compañeros de grupo o canal. En esta última zona se tiene la posibilidad de visualizar la foto de algún compañero.

DomoSim-TPC incluye un chat desarrollado bajo estos principios (figura IV.22). El proceso que informa a los usuarios de la incorporación o abandono de un usuario al chat

queda identificado por el nombre *Coordinador*. Esta herramienta se describe en profundidad en el manual de la aplicación (apéndices).

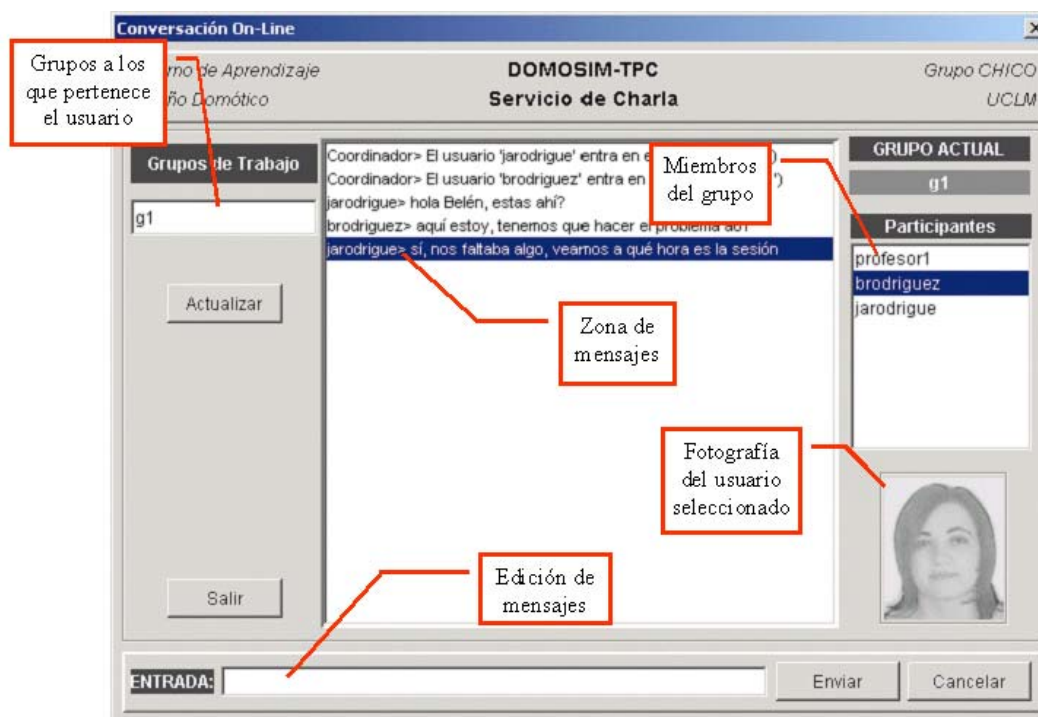


Figura IV.22. Herramienta de Chat de DomoSim-TPC.

Agenda de Sesiones

El concepto de sesión se refiere al periodo de tiempo en el que es posible realizar una actividad de Diseño y Simulación, es decir, resolver un determinado problema. Una sesión es el mecanismo que permite proponer actividades a los grupos, y ha sido presentado en la sección IV.2. En el sistema desarrollado es el profesor el que debe definir las sesiones, que quedan caracterizadas por la siguiente información:

- Actividad para la que se define.
- Día en que se efectuará la sesión de trabajo.
- Horas de comienzo y finalización de la sesión de trabajo.
- Texto descriptivo de la sesión.

En la figura IV.23 se muestra el Modelo Estructural sobre el que se asienta esta herramienta. La Agenda de Sesiones contiene la colección de sesiones propuestas, algunas ya efectuadas y otras pendientes de realizar.

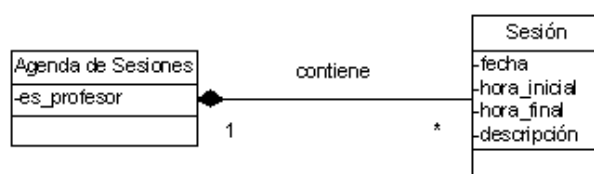


Figura IV.23. Modelo Estructural de la Agenda de Sesiones.

La interfaz de la Agenda de Sesiones de DomoSim-TPC se muestra en la figura IV.24. Como se ha comentado, el profesor es el único usuario que puede crear nuevas sesiones; los alumnos no disponen del botón *Insertar* cuando acceden a esta pantalla, pudiendo únicamente consultar las sesiones, que son mostradas cronológicamente. Esta herramienta se detalla en el manual de DomoSim-TPC.

Actividad	Día	H. Inic.	H. Final	Descripción
100a	13/06/2001	11:00:00	14:00:00	Sesión formativa
100a	14/06/2001	10:00:00	12:30:00	Sesión de prácticas
101a	15/06/2001	16:00:00	17:30:00	Práctica 2

Figura IV.24. Agenda de Sesiones de DomoSim-TPC.

IV.3.3. Herramientas específicas

Las herramientas específicas son la Herramienta de Toma de Decisiones y el Chat Dirigido.

Herramienta de Toma de Decisiones

Algunos sistemas, especialmente los de CSCW o *groupware*, incluyen en su soporte herramientas para la toma de decisiones (SCOPE y Habanero²³), también llamadas herramientas de voto. Según Miao & Haake (1998a), el reparto y compartición de responsabilidades es un prerequisite para la toma de decisiones, que va a servir como instrumento para la coordinación de esfuerzos.

La herramienta de voto que hemos modelado permite a un miembro del grupo de trabajo proponer una pregunta con el fin de alcanzar una decisión sobre algún aspecto, todo esto de manera síncrona. Está disponible en el Subsistema de Diseño y Simulación. Las posibles preguntas que se pueden plantear son de tres tipos:

²³ <http://habanero.ncsa.uiuc.edu/habanero>

- Las que tienen una respuesta afirmativa o negativa.
- Las que tienen como respuesta un valor numérico real.
- Las que tienen como respuesta una alternativa entre un conjunto de posibilidades.

Esto completa un proceso de definición, respuesta y resultados (figura IV.25). La definición es efectuada por el individuo que plantea la pregunta o iniciador de la votación, la respuesta la efectúan todos los miembros del grupo y los resultados también los recibe todo el grupo. En la definición es preciso seleccionar uno de los tres tipos y completar el texto de la pregunta. En función del tipo la elección de la respuesta se hará de manera diferente, dando un sí o un no, un valor numérico o una elección respectivamente. El resultado consiste en la contabilización de las respuestas, mostrándose la información de la forma más adecuada a cada caso (tabla IV.5). Con estas votaciones puede decirse que se incorpora democracia a la sesión colaborativa.

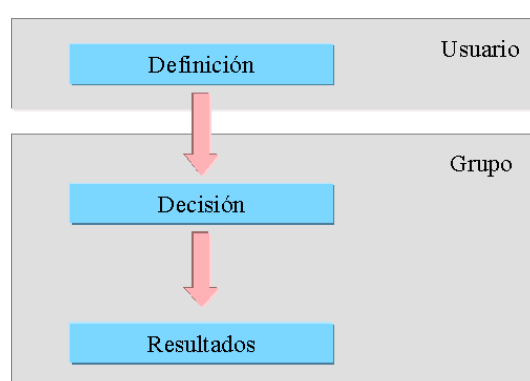


Figura IV.25. Proceso de definición, decisión y resultados que define una toma de decisión.

Informaciones de Definición, Respuesta y Resultado			
Proceso	Tipo de Votación		
	Sí/No	Valor Numérico Real	Lista de Valores
Definición	Texto de la Pregunta	Texto de la Pregunta	Texto de la Pregunta Lista de Valores
Respuesta	Sí No Abstención	Número Real Abstención	Valor (de una lista) Abstención
Resultado	Total Votos Abstenciones Votos Sí Votos No	Total Votos Abstenciones Frecuencias Media Mínimo Máximo	Total Votos Abstenciones Frecuencias

Tabla IV.5. Tipos de decisiones e información procesada por la Herramienta de Voto.

Existe la problemática de que algún usuario retrase su voto, provocando un retardo en el proceso. Para evitar este inconveniente se define un tiempo límite que cuando se supera se considera que los usuarios que no han votado se abstienen. Esto evita que el sistema quede bloqueado en la espera de un voto. El voto de tipo abstención está disponible en cualquiera de los tres tipos de preguntas.

El proceso descrito lo hemos implementado en DomoSim-TPC como se muestra en la figura IV.26. El usuario que tome la iniciativa de plantear la pregunta que conduce a la

decisión debe pulsar el botón *Decisión* que incluye la Herramienta de Chat Dirigido. Las figuras IV.27, IV.28 y IV.29 contienen ejemplos de procesos de toma de decisión para cada uno de los tres tipos de preguntas.

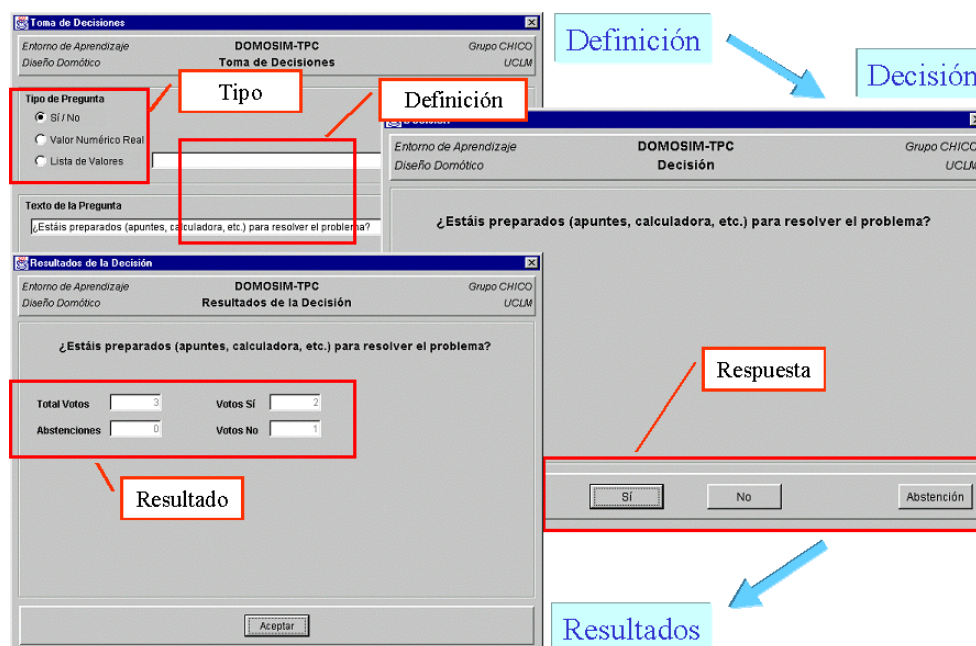


Figura IV.26. Proceso de toma de decisión en DomoSim-TPC.

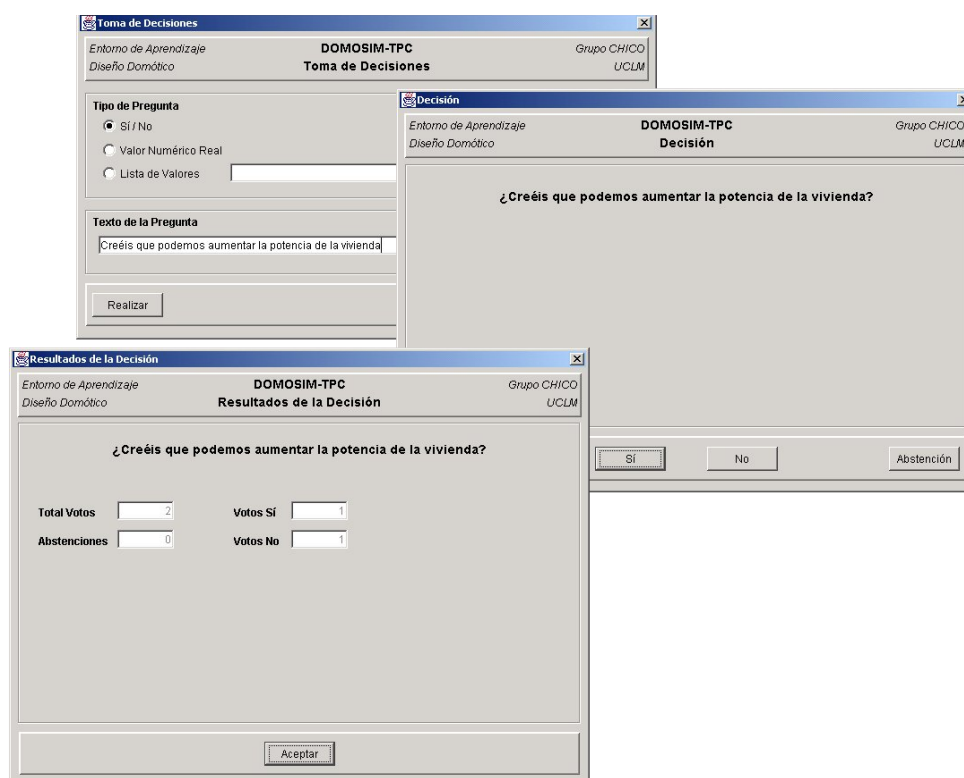


Figura IV.27. Proceso de toma de decisión para preguntas de tipo *sí / no*.

The figure shows three overlapping windows from the DOMOSIM-TPC application. The top-left window, titled 'Toma de Decisiones', shows the question type 'Valor Numérico Real' selected. The top-right window, titled 'Decisión', displays the question '¿de que potencia tienen que ser los radiadores?' with a text input field containing '450'. The bottom window, titled 'Resultados de la Decisión', shows the results for the same question. It includes a table of frequencies and summary statistics.

Frecuencias					
Total Votos	2	400	1	Media	437.5
Abstenciones	0	475	1	Mínimo	400.0
				Máximo	475.0

Figura IV.28. Proceso de toma de decisión para preguntas de tipo *valor numérico real*.

The figure shows three overlapping windows from the DOMOSIM-TPC application. The top-left window, titled 'Toma de Decisiones', shows the question type 'Lista de Valores' selected with the list 'portadora ucp bus'. The top-right window, titled 'Decisión', displays the question '¿que sistema opinas que es el adecuado?' with radio buttons for 'portadora', 'ucp', and 'bus'. The bottom window, titled 'Resultados de la Decisión', shows the results for the same question. It includes a table of frequencies and summary statistics.

Frecuencias					
Total Votos	2	portadora	1		
Abstenciones	0	bus	1		

Figura IV.29. Proceso de toma de decisión para preguntas de tipo *lista de valores*.

Chat Dirigido

Las tareas que conducen a un aprendizaje productivo son las actividades que requieren reflexión, como las de explicación, justificación y evaluación de las soluciones a los problemas (Baker & Lund, 1997), que típicamente se realizan mediante la comunicación. Para la comunicación en un situación de diseño, o de resolución de problemas, hemos ideado un chat que hemos denominado dirigido. El Chat Dirigido es una herramienta de charla electrónica estructurada, que ofrece un conjunto preestablecido de frases para la comunicación, algunas de las cuales tienen que completarse con texto por parte del usuario. En cuanto a la elección de una interfaz de comunicación estructurada frente a la alternativa abierta, Baker & Lund (1997) confirman con sus análisis que el uso de una interfaz estructurada cuando se efectúan tareas de resolución de problemas es una alternativa viable, que estimula una interacción centrada en la tarea y reflexiva. También dan otra razón para el desarrollo de este tipo de interfaz: facilitar la escritura de mensajes, que supondrá para el usuario un ahorro tiempo que podrá invertir en la discusión relativa a la tarea de resolver de problemas. Este chat está disponible en los subespacios de Diseño, Reparto de Tareas, y Parametrización, dentro del espacio de trabajo de Diseño y Simulación.

Mensaje	Papel en el Diálogo	Contenido Proposicional	Requiere Texto	Grafo Conversacional
Pienso ...	Aserción	Inicial	Sí	
Pienso así	Aserción	Reactiva	No	
No pienso así	Aserción	Reactiva	No	
¿Por qué ...?	Pregunta	Inicial	Sí	
No sé	Respuesta	Reactiva	No	
Porque ...	Respuesta	Reactiva	Sí	
Vamos bien	Aserción	Inicial	No	
He terminado	Aserción	Inicial	No	

Tabla IV.6. Tipos de mensajes del Chat Dirigido.

En la tabla IV.6 aparecen los tipos de mensajes identificados. Han sido elegidos por expertos en el dominio de la Domótica, profesores y alumnos, pero son extensibles a otros dominios. Estos actos de comunicación garantizan que los usuarios puedan manifestar

acuerdos y desacuerdos, identificar y resolver conflictos en sus puntos de vista, presentar alternativas y solicitar y ofrecer explicaciones, lo que según Constantino-González & Suthers (2001) conduce al aprendizaje. En la tabla se recoge el texto del mensaje, el papel que juega el mensaje en el diálogo (aserción, pregunta o respuesta), el contenido proposicional (sentencia inicial o reactiva), si requiere que se teclee algún texto que complete el mensaje y el grafo conversacional que describe cómo se produce la comunicación. Representamos cada grupo de mensajes relacionados (iniciales y reactivos) con un único grafo. El estado *i* caracteriza la situación de partida, en la que no se ha efectuado ninguna comunicación. Cada arco representa una posibilidad diferente de avance en la conversación, lo que es equivalente a un mensaje. Los nodos representados con un círculo caracterizan una espera a que algún otro usuario efectúe una respuesta. Los representados con un rectángulo solicitan la introducción de texto para completar el mensaje. Desde estos últimos nodos los arcos de línea punteada llevan hacia otros nodos cuando se introduce el texto.

El Chat Dirigido que se utiliza en la simulación es sensiblemente diferente (tabla IV.7). Las acciones *Vamos bien* y *He terminado* se han sustituido por *Mirad ...* y *Voy a ...*. En la simulación, mientras los alumnos observan la evolución del sistema y descubren por sí mismos las leyes que rigen ese comportamiento pueden compartir gracias a este chat sus argumentos y conclusiones.

Mensaje	Papel en el Diálogo	Contenido Proposicional	Requiere texto	Grafo Conversacional
Mirad ...	Aserción	Inicial	Sí	
Voy a ...	Aserción	Inicial	Sí	

Tabla IV.7. Nuevos tipos de mensajes utilizados en la simulación.

Además de los mensajes disponibles, y partiendo de las opiniones de los expertos y usuarios durante el uso de los primeros prototipos del sistema, ha sido necesario incorporar al chat un mecanismo que permita el uso tradicional de los sistemas de charla, de manera que permita la comunicación de cualquier mensaje. Esta alternativa es adoptada, por ejemplo, por el sistema Coordinator (Winograd, 1988), con la idea de permitir comunicar cualquier tipo de información relevante que no se adapte a la estructura formal propuesta.

La Herramienta de Chat Dirigido implementada en DomoSim-TPC se muestra en la figura IV.30. En ella puede apreciarse la zona de mensajes, el conjunto de mensajes disponibles para la comunicación, el botón que invoca la Herramienta de Toma de Decisiones y el que permite la introducción de texto libre. Cada mensaje se envía pulsando sobre el botón que lo representa. Puede apreciarse que los botones de la derecha están inicialmente deshabilitados. Esto es así porque son acciones reactivas y sólo se activarán cuando el estado global del chat lo permita, es decir, cuando las acciones iniciales con las que se relacionan las acciones reactivas se produzcan. Un funcionamiento

similar se aprecia en Coordinator (Winograd, 1988), en el que un intérprete del estado de la conversación genera automáticamente un menú de actos del habla que es dependiente del contexto. La activación comentada se ha producido en el chat que se muestra en la figura IV.31. En ella se aprecia cómo se ha pulsado en el botón *Pienso que ...* y cómo ha aparecido la zona de introducción de texto para completar la frase y pulsar *Enter*. Cuando un determinado usuario pulsa uno de los botones reactivos posibles (por ejemplo *Pienso lo mismo* o *No pienso así*), éste se desactivará, debido a que el usuario ya se ha manifestado en relación a una comunicación inicial. Al querer efectuar un mensaje reactivo puede darse la posibilidad de que haya más de un mensaje inicial candidato, por ejemplo porque varios usuarios hayan comunicado un mensaje del tipo *¿Por qué...?* En este caso es necesario seleccionar el mensaje inicial en la zona de mensajes para determinar el usuario al que se responde. Cuando haya una única alternativa, es decir, se trata de la única comunicación abierta, la respuesta será directa con solo pulsar el botón correspondiente y no es necesario seleccionar ningún mensaje.

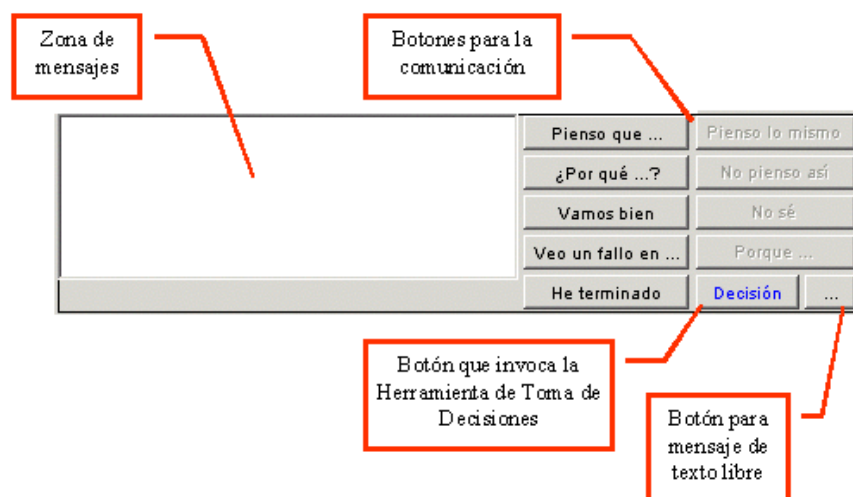


Figura IV.30. Chat Dirigido de DomoSim-TPC.

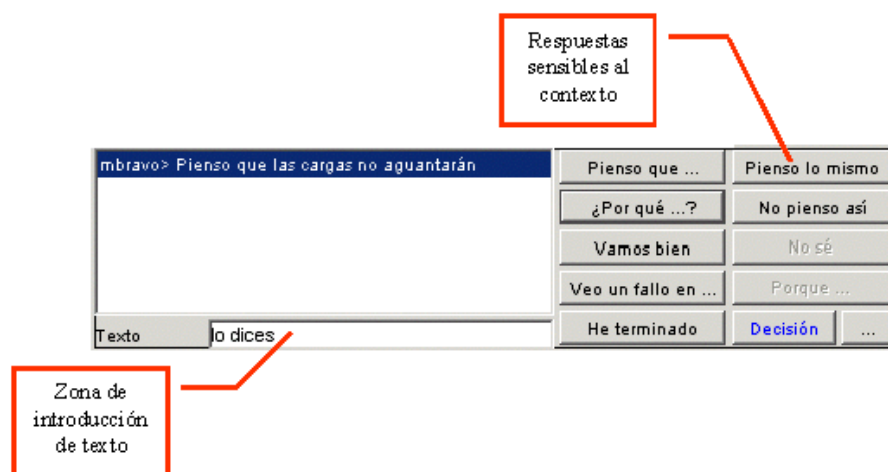


Figura IV.31. Chat Dirigido de DomoSim-TPC con acciones reactivas activadas.

En la figura IV.32 se recoge el chat utilizado durante la simulación. Como puede verse hay dos botones que han cambiado su etiqueta, disponiéndose por tanto de dos nuevos tipos de mensajes que sustituyen a dos mensajes que se utilizan en el diseño, reparto de tareas y parametrización.

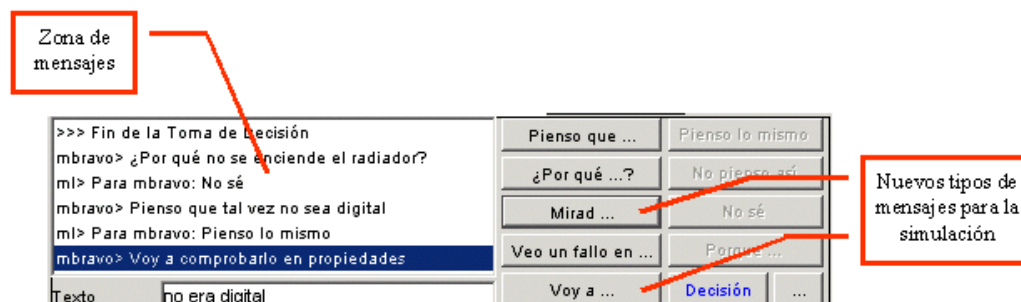


Figura IV.32. Chat Dirigido de DomoSim-TPC utilizado en la simulación.

IV.4. Subsistema de Diseño y Simulación

En esta sección se describe el subsistema más importante, el de Diseño y Simulación, que aglutina una mayor cantidad de herramientas y es utilizado para alcanzar el objetivo general de diseño de modelos que constituyen la solución a problemas y simularlos. En primer lugar, se caracterizará el problema a resolver, consistente en construir este subsistema, y se definirá una estrategia de resolución. Antes de abordar esta problemática, se comentará la fase de planificación del diseño como paso previo, ilustrando cómo puede generarse un modelo a partir de un plan con un alto nivel de abstracción. Como parte de la estrategia para afrontar el problema se encuentra la definición de un protocolo de colaboración que estructura el proceso de resolución mediante diferentes subespacios de trabajo. Una vez descrito el protocolo, se indicará cómo se ha abordado la navegación a través de estos subespacios, ya que es necesario disponer de algún mecanismo de sincronización. Para terminar, se describirán los cinco subespacios de trabajo de este subsistema, caracterizándose las tareas que realizan, la estructura que presentan y los recursos que emplean.

IV.4.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución

El trabajo consiste en desarrollar un subsistema, llamado de Diseño y Simulación, para la resolución colaborativa de problemas de diseño. La colaboración que llevarán a cabo los usuarios durante el diseño del modelo, en la organización del trabajo, en la asignación de valor a las diferentes variables y durante la simulación se realizará en tiempo real, es decir, en colaboración síncrona.

La resolución del problema por parte de los alumnos se sitúa tras una primera fase de planificación asíncrona (Redondo, 2002), que suministra un primer modelo como diseño. Este primer modelo deberá refinarse, ya que sólo contiene los operadores y enlaces que han sido planificados. Será necesario dar valor a las variables generales, parametrizar los

operadores, colocarlos en su lugar definitivo, insertar nuevos elementos, completar la implantación del sistema técnico. Una vez refinado el diseño se puede proceder a la simulación, construyendo la solución al problema.

La primera decisión a tomar es la metáfora sobre la que desarrollar el subsistema. La mayoría de los sistemas o entornos colaborativos existentes se basan en tres metáforas: sesión, proceso o espacio (Miao et al, 1999). Los Sistemas Basados en Sesión permiten el trabajo de un equipo en diversas sesiones o reuniones. Para ello proporcionan un entorno para compartir información y efectuar actividades colaborativas en el mismo momento, ofreciendo soporte para la manipulación de artefactos. Un típico ejemplo es Microsoft NetMeeting®²⁴. Los Sistemas Basados en Procesos distinguen diferentes fases de acuerdo a la estructura de contenido de un proceso de aprendizaje completo, y se centran en el aprendizaje individual. Los aprendices pueden progresar a diferentes velocidades en su proceso de aprendizaje. Los Sistemas Basados en Espacios proporcionan espacios virtuales donde efectuar reuniones o actividades asincrónicamente. Los artefactos producidos son almacenados para ser reutilizados en siguientes actividades. Ejemplos de este tipo de sistemas son Virtual Places²⁵, CSILE (Scardamalia & Bereiter, 1991) y VITAL (Pfister et al, 1998).

El Subsistema de Diseño y Simulación va a caracterizarse, en primer lugar, como un sistema basado en sesión y en espacios, aunque también presenta características de sistema basado en procesos. Como sistema del primer tipo modela el concepto de sesión y permite realizar actividades de trabajo síncrono. Como sistema del segundo tipo propone un conjunto de espacios de trabajo en los que efectuar un conjunto de tareas; los modelos diseñados son almacenados para futuras sesiones. Y como sistema basado en procesos guía un proceso de resolución de problemas mediante un protocolo basado en el diseño y simulación.

El protocolo general que hay que desarrollar para materializar el subsistema se obtiene a partir del planteado en la sección IV.1. Respecto a éste, se ha considerado necesario desglosar la fase de simulación en dos: (1) Casos e Hipótesis y (2) Simulación propiamente dicha. El protocolo resultante modela el procedimiento de resolución de problemas en cinco fases. Cada fase se caracteriza como un espacio de trabajo en el que realizar una tarea específica. A cada uno de estos espacios lo denominamos subespacio por estar incluido en el espacio de trabajo de Diseño y Simulación del entorno desarrollado en esta investigación.

Para solucionar el problema planteado se combinarán diferentes técnicas de estructuración. Se utilizarán protocolos detallados de colaboración, principios de Estructuración Flexible y la Perspectiva del Lenguaje/Acción. El primer tipo de estructuración parte del protocolo mencionado, cuyas fases –correspondientes a subespacios– son las siguientes:

- Diseño: Para realizar la tarea de construir el modelo que soluciona el problema.
- Reparto de Tareas: Para distribuir y organizar el trabajo de diseño.
- Parametrización: Para dar valor a las variables del problema.
- Casos e Hipótesis: Para plantear casos de simulación e hipótesis.
- Simulación: Para simular el modelo diseñado.

²⁴ <http://www.microsoft.com/office/netmeeting>

²⁵ <http://www.virtualplaces.com>

La incorporación del subespacio de Casos e Hipótesis queda justificada por la necesidad de efectuar diversas simulaciones del mismo modelo bajo diferentes condiciones o en las que provocar diferentes eventos, así como por la importancia que juegan las hipótesis en el proceso de simulación.

La Estructuración Flexible se aplica a la comunicación escrita, y se ha plasmado en el Chat Dirigido ya descrito con anterioridad. Éste ofrece actos de comunicación preestablecidos y orientados a objetivos particulares. Las ventajas que se obtienen son dos: por un lado los estudiantes expresan su perspectiva personal de una manera fácilmente entendible por todos, y por otro el sistema proporciona una estructura para la conversación.

Para materializar todos los procesos de proposición relativos a reparto de tareas, parámetros, casos de simulación e hipótesis, en los subespacios correspondientes, se ha recurrido a la Perspectiva del Lenguaje/Acción. Los actos de comunicación se efectúan mediante botones que representan actos del habla.

Las tareas de Diseño y Simulación no están muy estructuradas para no hacer demasiado rígido el sistema y se permite una interacción muy libre por parte de los usuarios.

Para desarrollar esta estructura de subespacios de trabajo hay que resolver otros subproblemas como los siguientes:

- Qué mecanismos de sincronización se van a habilitar para el desplazamiento de los usuarios a través de los subespacios.
- Qué estructura y recursos va a presentar cada subespacio para posibilitar la ejecución de la tarea para la que ha sido concebido.
- Qué mecanismos de soporte se van a ofrecer para la realización colaborativa de las tareas, tanto aquellos específicos al dominio como mecanismos generales de soporte a la discusión y a la decisión.

El desplazamiento a través de los subespacios se basará en un proceso de toma de decisión para sincronizar la transición. Cada subespacio contará con los componentes más adecuados para la tarea a realizar. Los componentes con los que se dotará a cada subespacio consisten en barras de herramientas de iconos, superficies de trabajo colaborativas, paneles de información, listas para mostrar mensajes de interacción, botones para la realización de acciones y botones para expresar actos de comunicación.

El soporte que se ofrecerá para asistir en la realización de las tareas está formado por tres conjuntos de técnicas:

- Mecanismos de manipulación directa: El trabajo de los usuarios se efectuará mediante acciones elementales de manipulación directa de acuerdo al Modelo Objeto-Acción.
- Soporte a la comunicación y coordinación: Permitirá intercambiar información, coordinar acciones y alcanzar acuerdos.
- Técnicas de *awareness*: Para facilitar la colaboración en tiempo real se ha dado especial importancia a la percepción y conocimiento de la interacción que efectúan otros usuarios en un espacio de trabajo compartido.

La implementación del Subsistema de Diseño y Simulación, desde la estrategia descrita, se hará de acuerdo a la arquitectura física y a las técnicas de gestión de las comunicaciones que se describirán en el capítulo V.

IV.4.2. Planificación del diseño

Al acceder al subespacio de Diseño por primera vez, los alumnos encontrarán un diseño inicial efectuado automáticamente por el sistema. Este modelo constituye el plan abstracto de diseño consensuado por los miembros del grupo, que será el punto de partida para construir el modelo definitivo que supone la solución al problema. Este plan abstracto procede de la fase de planificación (Redondo et al, 2000a; Redondo et al, 2000b; Redondo, 2002), que no es objeto de esta investigación.

En esta fase de Planificación (figura IV.33), que es anterior a la fase de Diseño y Simulación, se potencia la reflexión y la discusión en la construcción de un esquema del modelo a diseñar para que se satisfaga la especificación del problema. Se utilizan herramientas basadas en la comunicación asíncrona para especificar, discutir y organizar los planteamientos generales sobre la solución al problema de diseño. Se dispone de un editor para la elaboración individual de estrategias de diseño mediante un lenguaje de especificación con un alto nivel de abstracción. Una vez construidos los modelos se presentan al resto de los miembros del grupo. Éstos, utilizando un método de discusión argumentativa, critican y piden explicaciones sobre las decisiones que se han tomado. Ante estas críticas el autor se ve obligado a argumentar, justificar y depurar sus decisiones. Todo ello en un proceso constructivo y colaborativo que conduce al aprendizaje. Los resultados generados como consecuencia de este proceso se organizan mediante una tabla de contenidos a la que se puede acceder para visualizarlos atendiendo a diversos criterios de búsqueda y clasificación.

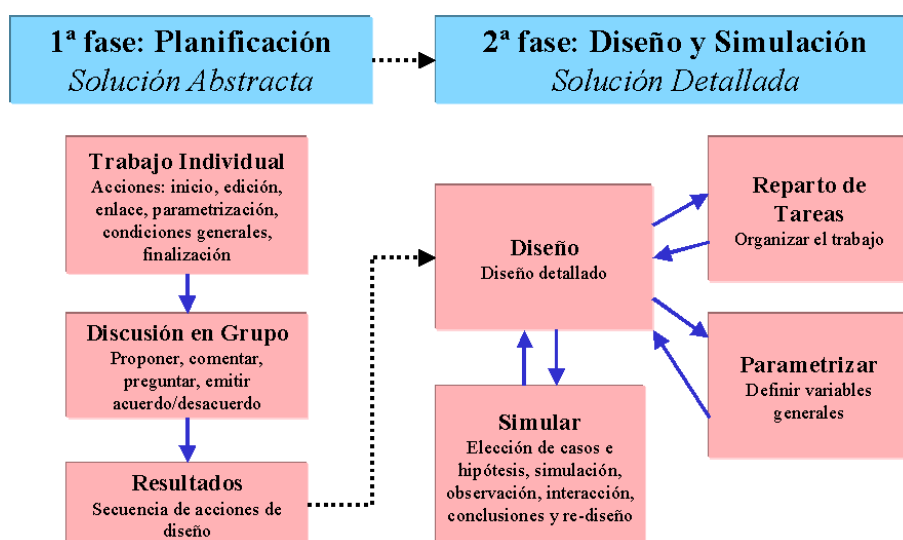


Figura IV.33. Fases del proceso general de resolución de problemas de diseño.

Estos resultados sirven como punto de partida para la segunda fase. En ella se pretende promover la espontaneidad de los participantes en la construcción del modelo, que discutirán sobre aspectos e hipótesis que demostrarán mediante simulación, utilizando el esquema consensuado como plan de trabajo o guía. Como se ha descrito, este proceso de construcción se abordará utilizando herramientas basadas en la colaboración síncrona.

En la figura IV.34 puede apreciarse el diseño inicial que construye el sistema DomoSim-TPC a partir del plan. Es construido colocando cada área de gestión en una parte específica de la habitación. En el centro de esta zona se sitúa el sistema regulador y

alrededor de éste los diferentes actuadores y operadores. En el subespacio de Diseño se puede consultar el plan con el botón *Plan*, que se visualiza de forma gráfica mostrando verticalmente los pasos a seguir en el diseño.

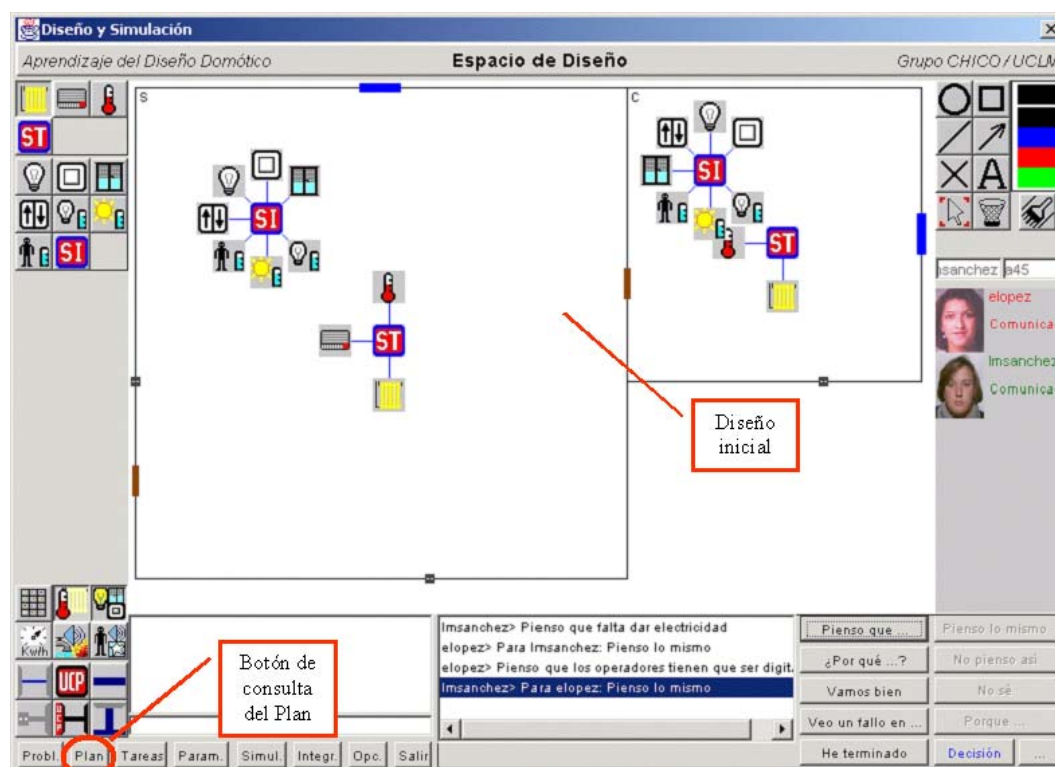


Figura IV.34. Subespacio de Diseño con un modelo inicial procedente de la fase de Planificación.

IV.4.3. Protocolo de resolución de problemas de diseño

El protocolo que proponemos para la resolución de problemas de diseño, ya descrito en la sección IV.1, se compone de cuatro nodos tal como se ha mostrado en la figura IV.5. Cada nodo del grafo que describe el protocolo se corresponde con un subespacio de trabajo (figura IV.35). El subespacio de simulación se divide en dos fases: el planteamiento de casos e hipótesis de simulación y la propia simulación. Por tanto, el número de estados del protocolo queda ampliado a cinco.

Cuando el usuario accede al espacio de trabajo de Diseño y Simulación, accede inicialmente al subespacio de Diseño. Desde éste se puede navegar hacia los otros subespacios tal y como se describirá en la sección siguiente. Describimos cada subespacio de este protocolo de acuerdo a la caracterización de espacio de trabajo efectuada en la sección IV.1. Cada subespacio persigue un objetivo o realiza una función y para ello aplica cierta estructura a la información que maneja. Para ello utiliza unos recursos adecuados a la tarea a desarrollar, que consisten en herramientas generales u orientadas al dominio y técnicas de estructuración. A nivel de flujo de información, podemos ver en la figura IV.35 cómo el diseño se hace de acuerdo a un reparto de tareas que es definido en el subespacio de Reparto. Los parámetros del entorno o variables son transferidos al subespacio de Parametrización, que devolverá los nuevos valores. En el Diseño se construye un modelo

que se debe conocer en la Simulación. Desde los subespacios de simulación no hay flujo de datos hacia el Diseño. Lo que se lleva a éste son ideas, descubrimientos y conclusiones de los alumnos, que realizarán los oportunos cambios al modelo. En el subespacio de Casos e Hipótesis se selecciona el caso a simular que se suministra al subespacio de Simulación.

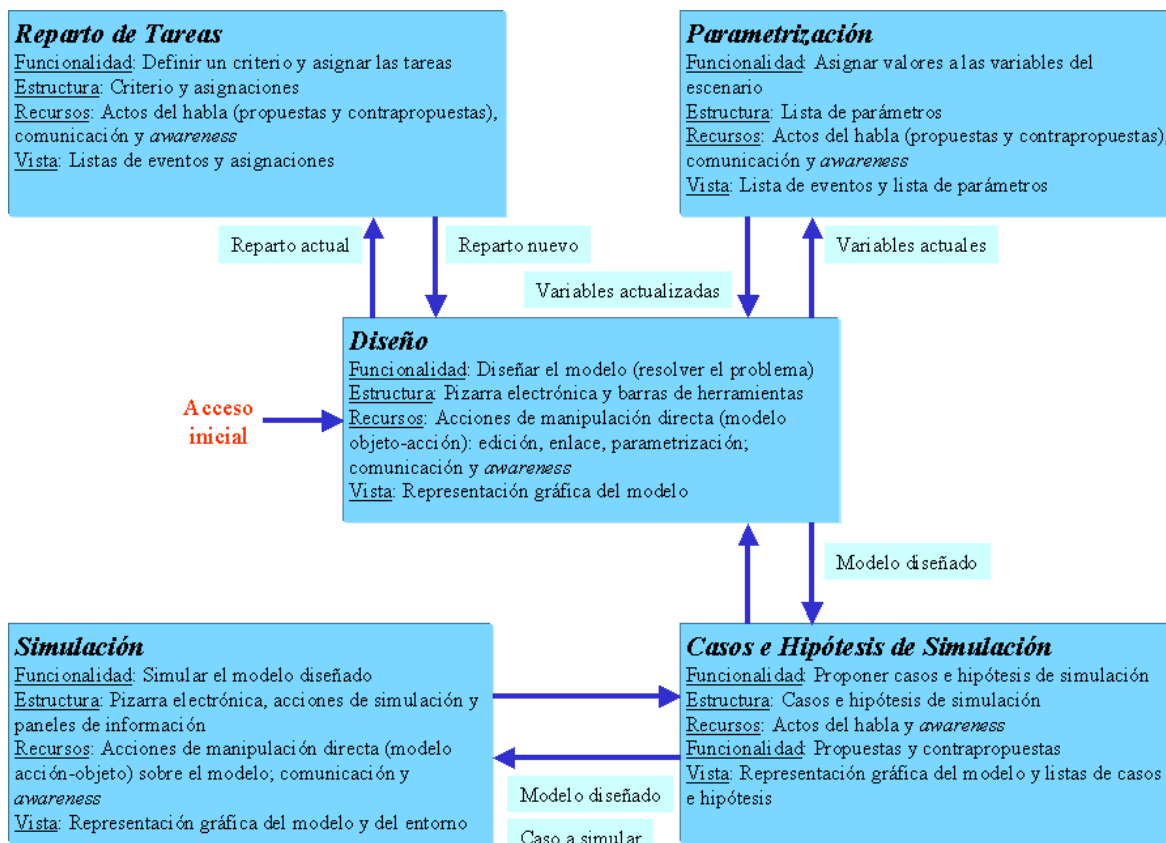


Figura IV.35. Protocolo de colaboración ampliado para la resolución de problemas de diseño.

El trabajo que se realiza en cada subespacio sigue también un protocolo colaborativo, aunque en los subespacios de Diseño y de Simulación presenta una mayor flexibilidad, es decir, es menos estructurado. Describiremos estos subespacios, protocolos y tareas profundamente en las secciones siguientes. Pero antes trataremos la problemática del desplazamiento a través de los subespacios, que se efectuará mediante una navegación sincronizada efectuada conjuntamente por todos los miembros del grupo.

IV.4.4. Navegación a través de los diferentes subespacios

Los sistemas colaborativos de tiempo real -a los que nos estamos refiriendo como síncronos- que ofrecen diferentes espacios en los que realizar las tareas deben instrumentar mecanismos para coordinar el trabajo a lo largo de dichos espacios. Sistemas como SCOPE proporcionan transiciones manuales y automáticas para el desplazamiento, siguiendo un protocolo colaborativo. En modo automático la transición se produce cuando un proceso monitor evalúa positivamente una condición de transición. En modo manual son los miembros del equipo quienes efectúan la acción que dispara la transición entre estados (Miao & Haake, 1998a). En SEPIA se llama a este tipo de transiciones “viajar a través de

los espacios de actividad” (Streitz et al, 1992). Este viaje se realiza en este sistema sin una ruta predeterminada, es decir, que los espacios se pueden recorrer en cualquier orden, pudiéndose viajar desde un espacio a cualquier otro. SEPIA realiza una transferencia automática de los objetos de diseño entre los diferentes espacios, de manera que se trabaja con la misma información en todos ellos.

Como en SEPIA, en el modelo que proponemos se trabaja sobre los mismos objetos de diseño, que no se transfieren, sino que se trata de una única versión de los datos. Llamaremos navegación al desplazamiento que se realiza por los subespacios de trabajo asociados al presente subsistema. El diseño general se realiza en diferentes subespacios, en los que un grupo de participantes realiza una colaboración síncrona. Para cambiar de subespacio es el grupo en su conjunto el que tiene que cambiar de lugar debido al carácter síncrono del trabajo. Para realizar esta navegación todo el grupo debe estar de acuerdo con ese desplazamiento. Será un participante el que tome la iniciativa de acceder a otro subespacio, y cuando éste lo indique los compañeros deberán estar de acuerdo para que esto se produzca. Para ello se utilizará la Herramienta de Toma de Decisiones de manera automática: todos los participantes deben responder afirmativamente a una pregunta de tipo sí/no para acceder al nuevo subespacio, si esto no es así el grupo continuará en el subespacio actual. De esta manera cualquier alumno puede proponer, por ejemplo, la realización del primer o de un nuevo reparto, la parametrización del escenario, o realizar la simulación, y esto se producirá únicamente si todo el grupo está de acuerdo.

La figura IV.36 contiene un ejemplo de navegación desde el subespacio de Diseño al subespacio de Reparto de Tareas (a) y un regreso al primero (b). También puede verse la ventana que se muestra antes de acceder a un subespacio (c). Hay que tener en cuenta que en configuraciones remotas sobre Internet la velocidad del sistema recomienda mostrar este tipo de mensajes para no desorientar al alumno en las esperas que, no obstante, son breves. Ventanas similares se muestran para la navegación hacia otros subespacios.

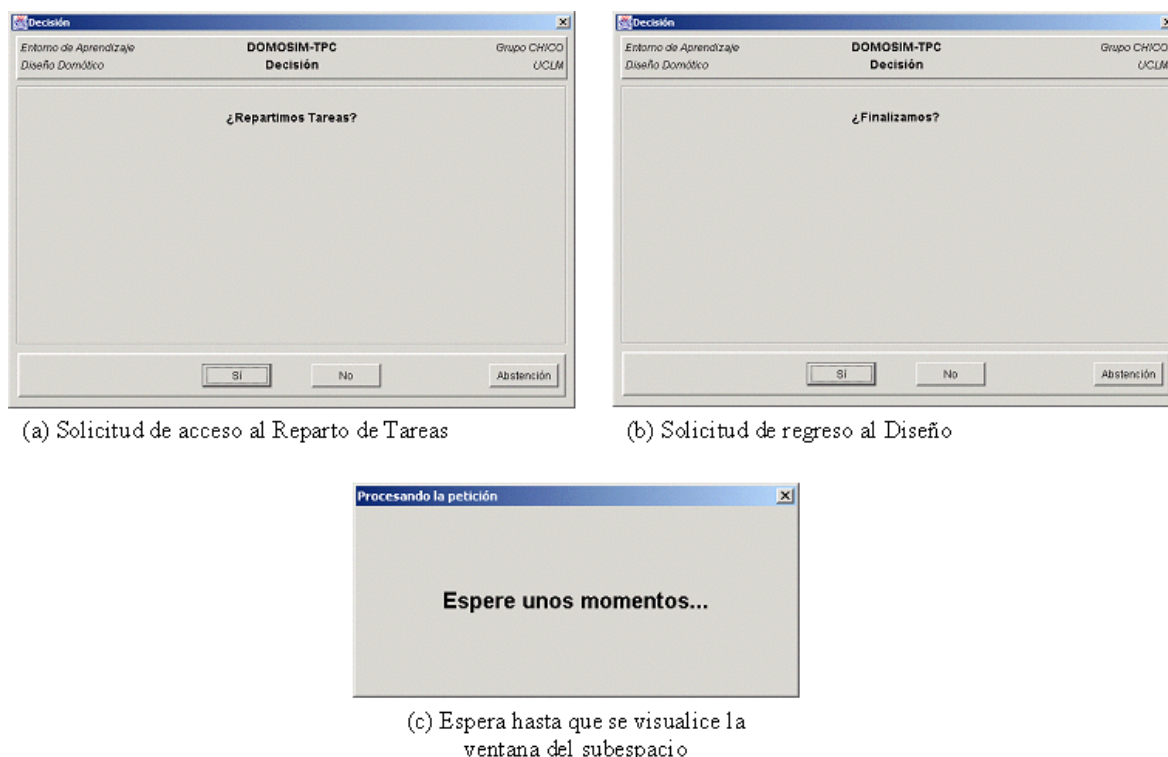


Figura IV.36. Mecanismos para la navegación entre subespacios de trabajo.

IV.4.5. Subespacio de Diseño

Este subespacio es el principal espacio de resolución del problema. Mientras que en otras herramientas existe cierta estructuración, la Herramienta de Diseño destaca por permitir una interacción más libre del usuario con el sistema.

Ante la tarea de diseñar un modelo que constituye la solución al problema es necesario disponer de mecanismos adecuados. Para dar forma a este espacio se han organizado cuidadosamente los diferentes componentes de la herramienta. Los tipos de interacciones que se pueden efectuar son las propias del dominio, llamadas acciones de diseño, y las de colaboración, que engloban la comunicación para la discusión, la toma de decisiones y la coordinación. El diseño colaborativo se efectuará mediante manipulación directa. Las operaciones que efectúan los alumnos sobre la superficie de diseño son acciones de edición (inserción, selección, eliminación y movimiento de operadores y enlaces), de enlace entre operadores y de parametrización de éstos (Bravo et al, 1999a; Bravo et al, 2000c). Los operaciones a realizar quedan condicionadas por el reparto de tareas que se haya establecido, siendo necesario integrar el trabajo individual con el de los compañeros. En el diseño colaborativo en tiempo real es de vital importancia contar con funciones apropiadas de *awareness* que sitúen al individuo en un contexto de trabajo en equipo y ayuden a percibir con facilidad el trabajo de cada uno.

Puede parecer que esta herramienta es un sistema de CAD, pero no lo es. La diferencia es que el sistema de CAD almacena sólo posiciones de puntos y líneas, mientras que la Herramienta de Diseño mantiene una representación de objetos que tienen significado en el dominio (Stahl, 2000). El sistema mantiene una representación de la semántica de la situación de diseño: la localización en un espacio bidimensional de componentes procedentes de las paletas de herramientas, que representan objetos de diseño, y de relaciones entre componentes.

El problema

El objetivo del diseño es la resolución de un problema. Todo problema debe mostrar al estudiante cuáles son los objetivos a cumplir, es decir, qué hay que hacer, y cuáles son los recursos con los que se cuenta, lo que incluye las restricciones o limitaciones. Esta información suele describirse en forma de enunciado textual. En este caso se recomienda que durante la fase de diseño el usuario tenga acceso a este enunciado para recordar los objetivos y restricciones, con la idea de no obligar al alumno a anotar o recordar esta información.

En este sentido, DomoSim-TPC incorpora en la Herramienta de Diseño un botón que permite mostrar el enunciado del problema en una ventana (figura IV.37). Este enunciado se extrae de forma automática de la definición del problema (apartado IV.2.2).

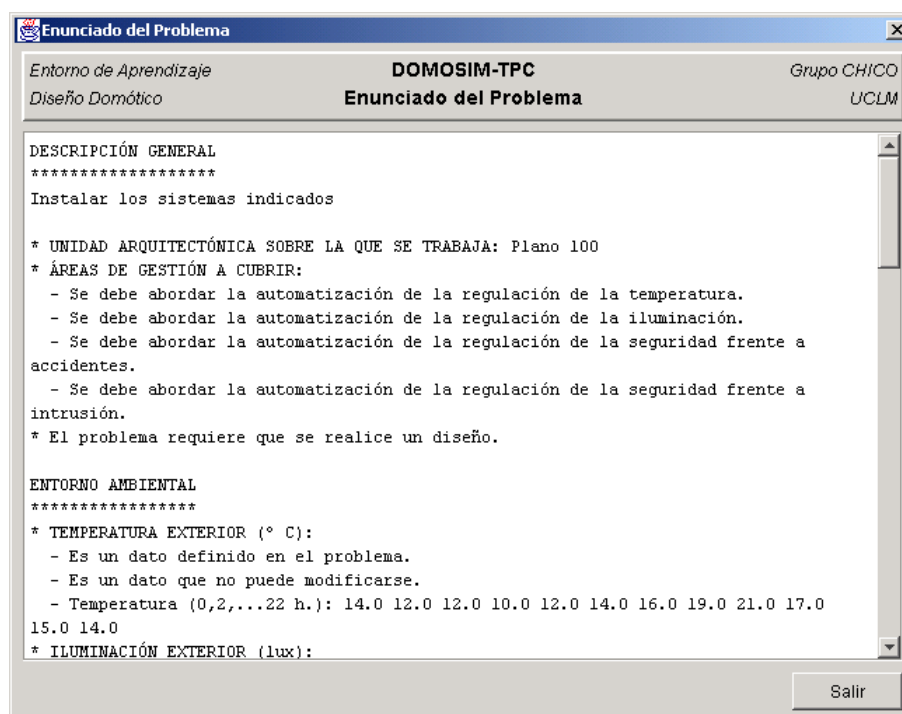


Figura IV.37. Enunciado del problema en DomoSim-TPC.

El Diseño

Como el trabajo en colaboración se realiza de manera síncrona, es necesario planificar el momento en el que se podrá realizar este trabajo. Será el profesor el que configure la información necesaria para el planteamiento de actividades y organice las sesiones con un horario determinado de antemano. Los alumnos, una vez consultados los horarios de las sesiones de diseño, acceden al subespacio de Diseño para resolver el problema, aunque es posible abandonar y acceder a la sesión en cualquier momento. Lógicamente, no todos los alumnos se incorporan a la sesión en el mismo instante, aunque lo más habitual es que se esperen unos a otros en este subespacio antes de iniciar el trabajo. Cuando algún alumno se incorpore posteriormente accederá al modelo de objetos construido por los compañeros, de manera que pueda trabajar con normalidad desde ese momento compartiendo todo el trabajo realizado.

Para realizar un trabajo de diseño una herramienta colaborativa debe contar con los siguientes elementos:

- **Pizarra electrónica:** Constituye la superficie compartida de trabajo sobre la que los usuarios efectúan el diseño mediante manipulación directa, utilizando un Modelo Objeto-Acción. Greenberg et al (1993) denominan *superficie de trabajo* o *área de dibujo en grupo* a esta pizarra, que es un dispositivo WYSIWIS.
- **Barra de herramientas de diseño:** Está formada por los iconos que representan los objetos que se pueden situar sobre la pizarra electrónica.
- **Barra de herramientas de dibujo:** Contiene una serie de figuras de dibujo con diferentes utilidades, por ejemplo una flecha para señalar, una cruz para tachar, círculos y rectángulos para marcar zonas, etc. Los diferentes dibujos deben poderse realizar en diferentes colores.

- Mecanismos de comunicación y coordinación: Estarían formados por herramientas de comunicación, como el Chat Dirigido, y de toma de decisiones, como la Herramienta de Voto.
- Funciones de awareness: Ofrecen información sobre lo que están haciendo los usuarios y dónde lo están haciendo.
- Opciones de configuración: Permiten configurar el tipo de información (audio o texto) que se visualiza para mostrar la interacción de los participantes.
- Opciones de visualización: Posibilitan la selección de las barras de herramientas que se visualizan y los objetos que se muestran en la pizarra. Suelen ser opciones destinadas a ver u ocultar elementos para superar problemas de espacio o mejorar la visualización.
- Zona de mensajes: Visualiza mensajes sobre los errores que se producen y advertencias.
- Botones de acción: Permiten efectuar diferentes acciones, entre ellas las de trasladarse a los diferentes subespacios para realizar otras tareas.

En DomoSim-TPC estas zonas se materializan como se muestra en la figura IV.38. La barra de herramientas de diseño está formada por cinco bloques, correspondientes a las cinco áreas de gestión, aunque hay que tener en cuenta que todos no se pueden visualizar simultáneamente por problemas de espacio (en la figura aparecen cuatro bloques). Bajo ésta se encuentran los botones para mostrar u ocultar elementos de acuerdo a su pertenencia a las áreas de gestión; esto permite tanto seleccionar las barras de herramientas de diseño disponibles como la visualización de los objetos por capas en la pizarra. Otra barra muestra los iconos de enlace, utilizados para relacionar operadores, enchufes, buses y otros elementos entre sí.

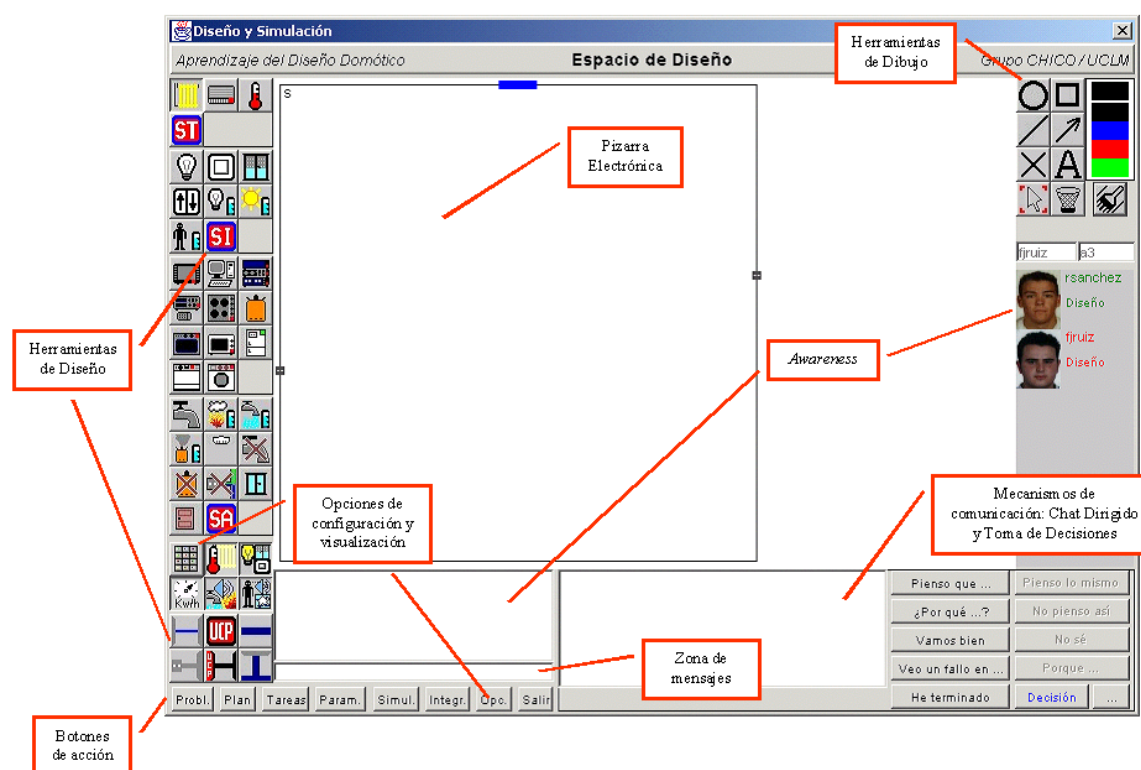


Figura IV.38. Componentes del subespacio de Diseño de DomoSim-TPC.

La barra de herramientas de dibujo permite dibujar círculos, rectángulos, líneas, flechas y cruces y escribir texto, todo esto en cuatro colores: negro, azul, rojo y verde. Esta barra

integra también el operador de selección de objetos y la *papelera*, para eliminar objetos seleccionados.

Bajo la barra de figuras se encuentra el Panel de Sesión, recurso fundamental para soportar *awareness* en la interacción síncrona. En la parte inferior se incluye una lista en la que se recogen las interacciones que se produzcan. A su derecha se encuentra el Chat Dirigido, que contiene el botón que inicia la Herramienta de Toma de Decisiones. En la parte inferior se han dispuesto los botones de acción, para realizar operaciones adicionales y para la navegación a otros subespacios (*Tareas*, *Param.* y *Simul.*). Como se ha expuesto con anterioridad esta navegación es sincronizada: un alumno propone la acción de navegación mediante el botón correspondiente pero es todo el grupo el que se desplaza. El botón *Opc.* abre una ventana de configuración. Los botones *Probl.* y *Plan* permiten recordar el enunciado del problema y el plan abstracto trazado respectivamente. El botón *Integr.* permite integrar el trabajo individual. En los próximos apartados se describen detalladamente las funciones asociadas a estos botones.


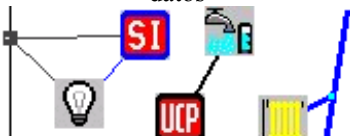

Objeto	Descripción	Objetos en DomoSim-TPC
Operador	Objetos con significado en el dominio y con una representación visual	Actuadores, Receptores y Sistemas 
Relación	Objetos utilizados para representar relaciones entre operadores. Se representarán mediante líneas de diferentes tipos, grosores y colores	Enlaces eléctricos, de regulación, a UCP y a bus de datos 
Figura	Figuras gráficas basadas en líneas y curvas. Su manipulación dependerá de la forma de la figura	Círculo, rectángulo, línea, flecha y cruz 
Texto	Caracteres alfanuméricos que se podrán situar en cualquier lugar de la pizarra	<div>fallo de potencia</div> <div>línea 2</div>

Tabla IV.8. Objetos de un sistema de diseño colaborativo.

Diseño mediante manipulación directa colaborativa

Los alumnos diseñan el modelo mediante acciones elementales de manipulación directa, paradigma que destaca por acelerar el aprendizaje, facilitar el uso intuitivo y eficaz de los sistemas y reducir y prevenir errores (Shneiderman, 1998b). Se sigue la metáfora de la pizarra electrónica colaborativa basada en el Modelo Objeto-Acción, que proporciona una estructura para aumentar el control del usuario (Cox & Walker, 1993c). En DomoSim-TPC los objetos serán operadores domóticos y las acciones serán las de edición, enlace y parametrización de operadores. Como sistema de diseño colaborativo síncrono, todas las acciones efectuadas por los usuarios serán reflejadas inmediatamente en las pantallas de los participantes en la sesión. Las técnicas de *awareness*, la visualización compartida del modelo en la pizarra de trabajo y las funciones de comunicación y coordinación son las herramientas que asisten en el proceso de diseño. La inclusión de estas herramientas de soporte se justifica a partir de la clasificación de Tang (1989) en relación a las actividades

de pequeños grupos sobre superficies de trabajo compartidas, que revela que la actividad de diseño (insertar objetos, dibujar...) constituye sólo el 25 % de todas las interacciones relacionadas con la superficie de trabajo, frente al 50 % y 25 % de la expresión de ideas y la mediación en la interacción (coordinación) para orquestar la colaboración respectivamente.

En general, los objetos que pueden utilizarse en un sistema de diseño colaborativo se recogen en la tabla IV.8. En la tercera columna de esta tabla se muestran los objetos correspondientes a DomoSim-TPC y se incluyen algunos ejemplos de representación gráfica. Las acciones posibles en el diseño colaborativo sobre los objetos anteriormente identificados se muestran en la tabla IV.9.



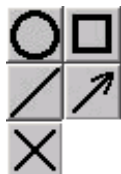



Acción	Descripción	Acciones en DomoSim-TPC
Insertar	Se refiere a la ubicación de un objeto sobre la pizarra y su inclusión en el modelo diseñado	Se selecciona el objeto a insertar en las barras de herramientas y se realiza un clic sobre la pizarra
Seleccionar	Selecciona un objeto de la pizarra. Debe efectuarse algún tipo de representación gráfica que ilustre esta selección	Se pulsa el icono de selección y después se pulsa sobre el objeto a seleccionar. Esta selección se refleja con alguna indicación (depende del tipo de objeto) del mismo color que el asignado al usuario que selecciona 
Eliminar	Elimina el objeto seleccionado de la pizarra	Con el objeto seleccionado se pulsa en la <i>papelera</i> y se elimina el objeto 
Mover	Traslada el objeto seleccionado a una nueva ubicación	Se pulsa sobre el objeto seleccionado y se arrastra el ratón. Al soltar el botón el objeto queda ubicado en su nueva localización
Dibujar	Sitúa una figura sobre la pizarra	Se selecciona un tipo de figura de la barra de herramientas de dibujo y se elige la posición en la que se insertará en la pizarra presionando el botón del ratón; al arrastrarlo se va mostrando como quedaría la figura que se insertará al liberar el pulsador 
Escribir	Sitúa texto sobre la pizarra	Con el icono <i>texto</i> seleccionado se hará un clic sobre la pizarra. Esto abre una zona de edición en la que escribir el texto, que quedará insertado al pulsar <i>enter</i> 
Relacionar	Establece una relación entre objetos. Esto debe tener una representación gráfica	Los enlaces relacionan dos elementos. Una vez seleccionado el tipo de enlace dos clics indicarán respectivamente los dos elementos a relacionar 
Parametrizar	Modifica las propiedades del objeto seleccionado	Con el operador seleccionado se pulsará el botón <i>Param.</i> para abrir una ventana de tipo formulario que permite cambiar el valor de las propiedades del operador 

Tabla IV.9. Acciones de un sistema de diseño colaborativo.

La correspondencia entre los objetos y las acciones generales que intervienen en un sistema de diseño colaborativo se concreta en DomoSim-TPC como se muestra en la tabla IV.10.

Objeto	Acciones
Operador UCP	Insertar Seleccionar Eliminar Mover Parametrizar
Figura (círculo, rectángulo, línea, cruz, flecha)	Dibujar Seleccionar Eliminar
Texto	Escribir Seleccionar Eliminar
Enlace Enlace Bus Enlace UCP Enlace Eléctrico	Enlazar Seleccionar Eliminar
Línea Bus	Dibujar Seleccionar Eliminar

Tabla IV.10. Objetos y acciones con los que opera la Herramienta de Diseño de DomoSim-TPC.

Los operadores y la UCP se insertan en el modelo mediante la acción *Insertar*. En cambio, las figuras, textos, enlaces y líneas de bus se insertan, respectivamente, mediante las acciones *Dibujar*, *Escribir*, *Enlazar* y *Dibujar*. Esta acción de situar un objeto en el modelo es diferente en función del tipo de objeto. Insertar un operador requiere un único clic de ratón sobre su posición en la pizarra, mientras que insertar un enlace requiere realizar dos clics, uno sobre el origen y otro sobre el destino del enlace. Cada acción tendrá una operativa diferente.

La acción *Seleccionar* puede aplicarse a cualquier objeto que se quiera eliminar, mover o parametrizar. Una vez efectuada, la selección queda representada por el dibujo de algún indicador en el color asignado al usuario. Por ejemplo, a los operadores se les rodea de un marco, a las figuras se les ponen puntos rectangulares en los vértices, etc. Surge un problema, en términos de diseño de la interfaz, respecto a la selección y posterior manipulación de un objeto por varios usuarios. La estrategia más simple, que es la que se ha adoptado, consiste en permitir a un único usuario tratar con un objeto particular. No obstante, esto requiere considerar el retardo entre el hecho de seleccionar un objeto para manipularlo y la selección propiamente dicha que reserva el uso del objeto, lo que potencialmente permitiría que dos usuarios diferentes que hubiesen seleccionado un objeto exactamente en el mismo momento pudiesen manipularlo con el problema de inconsistencia que esto conlleva. Este problema de concurrencia no se ha abordado en el sistema desarrollado, realizándose una gestión optimista de bloqueos asumiendo que éstos no se producen. En la práctica, el tiempo de respuesta del sistema es tan rápido que el proceso de selección/reserva ocurre casi instantáneamente.

DOLPHIN tiene un interesante método para seleccionar objetos: en lugar del tradicional clic sobre el objeto el mecanismo consiste en rodear el objeto con un movimiento circular del puntero del ratón. De la misma manera la eliminación de un objeto

se puede realizar mediante el movimiento de trazar una cruz o una serie de rayas con el puntero de ratón sobre el objeto.

La acción *Parametrizar* permite modificar las propiedades de un operador mediante una ventana de tipo formulario con las acciones de *Guardar* y *Salir* (figura IV.39). El conjunto de propiedades es dependiente del tipo de operador. Las propiedades son datos que pueden ser de tipo lógico o numérico.

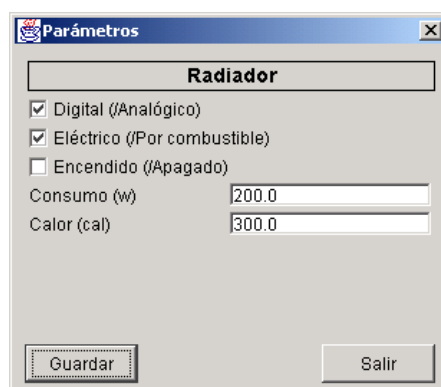


Figura IV.39. Ventana para modificar las propiedades de un operador en DomoSim-TPC.

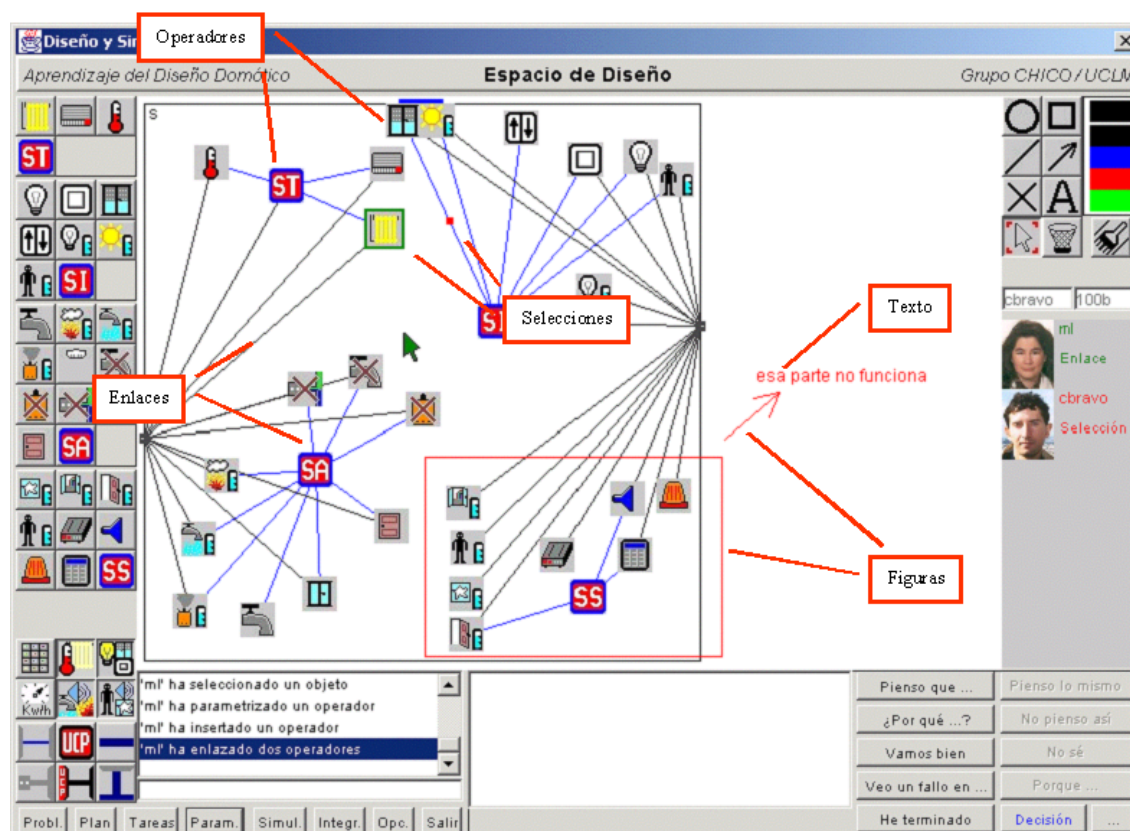


Figura IV.40. Objetos del modelo en el subespacio de Diseño de DomoSim-TPC.

Hay que tener presente que en los entornos de diseño frecuentemente se diseña sobre alguna imagen, que se sitúa sobre la pizarra, con significado en el dominio. Un ejemplo de esto sería un mapa sobre el que se sitúan ciudades o puntos de interés, o una radiografía

sobre la que se traza una estrategia de operación de cirugía. En el caso de la Domótica se diseña sobre un plano que representa una vivienda o edificio. En la situación de diseño de la figura IV.40 se aprecian ejemplos de diferentes objetos: operadores, figuras, textos, enlaces y selecciones.

Es de destacar que cuando se ha definido un reparto de tareas el sistema impide que un alumno efectúe acciones que se correspondan con tareas asignadas a otro. Por ejemplo, si un alumno tiene asignada la tarea de *enlazar*, otro alumno no podrá insertar un enlace; si un alumno se encarga del Sistema de Confort Térmico, ningún otro alumno podrá manipular (insertar, seleccionar...) un operador de este sistema; etc. No obstante, también se puede trabajar sin reparto de tareas. Es decir, si no se ha definido ninguno, las interacciones de los usuarios pueden realizarse sobre cualquier objeto en cualquier lugar, y únicamente se controla que no se efectúen accesos concurrentes a los operadores y que no se inserten elementos repetidos, como añadir un enlace dos veces.

En el capítulo III pueden verse detalles sobre los operadores, áreas de gestión y tipos de enlaces domóticos. Y en el Manual de Usuario de DomoSim-TPC puede consultarse el funcionamiento completo de la Herramienta de Diseño.

Integración del diseño individual

En DomoSim-TPC la definición de una actividad incluye la configuración del modo de colaboración en cuanto a la visibilidad del diseño de cada participante por parte de los demás. Este dato, que aparece en la Gestión de Actividades, se ha denominado *Diseño individual no visible para el grupo (integración posterior)*. Como se expone en el apartado dedicado al Subespacio de Reparto de Tareas, las tareas se pueden repartir de acuerdo a tres diferentes criterios o no repartirse. Hay dos criterios que dan lugar a la asignación de una parte del problema a cada usuario. Estos criterios son el de reparto de tareas por zonas del plano (habitaciones en el caso de DomoSim-TPC) y el de reparto por áreas de gestión. En ambos criterios, cuando el diseño es de este modo (individual y no visible), los alumnos tienen que realizar un trabajo individual en la parte del problema que les corresponde, viendo en su ventana únicamente su parte del problema que consiste, bien en un conjunto de habitaciones, o bien en una serie de áreas de gestión. Los restantes criterios de reparto no admiten esta variante.

Esta alternativa de diseño individual permite que cada alumno se encargue de una parte parcial del problema y que la solución conjunta se construya como suma de las partes. De este modo, cada alumno se concentra en su tarea y no se producen distracciones; también se favorece la especialización de los alumnos. Posteriormente es necesario un refinamiento para integrar las partes, por ejemplo por la necesidad de enlazar los operadores a un bus de datos o a una UCP común, pudiéndose abrir un turno de discusión, tutoría, repaso, etc.

Sistemas como DEGREE y COLER también permiten un trabajo individual pero, a diferencia de DomoSim-TPC, no se construye una parte de la solución sino la solución completa, que deben compararse entre sí por parte de los alumnos para alcanzar una solución conjunta desde las soluciones individuales. En DomoSim-TPC cada alumno puede trabajar en una parte del problema, lo que puede parecer cooperación en lugar de colaboración, pero hay que indicar que posteriormente, tras la integración del trabajo, hay que colaborar en el refinamiento del modelo, en la parametrización conjunta, en la simulación y, probablemente, en el retoque del modelo en nuevas fases de diseño

colaborativo. Además, no hay que olvidar que hay otros dos criterios de reparto que se basan en un trabajo puramente colaborativo.

Para resolver la situación que se puede producir si algún alumno no integra su diseño en un tiempo razonable, circunstancia que se podría prolongar indefinidamente, el sistema integra las soluciones individuales de todos los alumnos automáticamente al transcurrir un tiempo de cinco minutos. Este tiempo es configurable.

En la figura IV.41 puede apreciarse el trabajo de dos alumnos en partes diferentes del modelo. Uno de ellos está trabajando con el área de gestión del Confort Térmico y otro con el área del Confort Luminoso. Cuando han considerado que han terminado su trabajo pulsan el botón *Integrar*, en la línea de botones. Cuando ambos han pulsado este botón, o si se ha alcanzado el tiempo máximo fijado, las pantallas muestran el trabajo conjunto viéndose el modelo global diseñado.

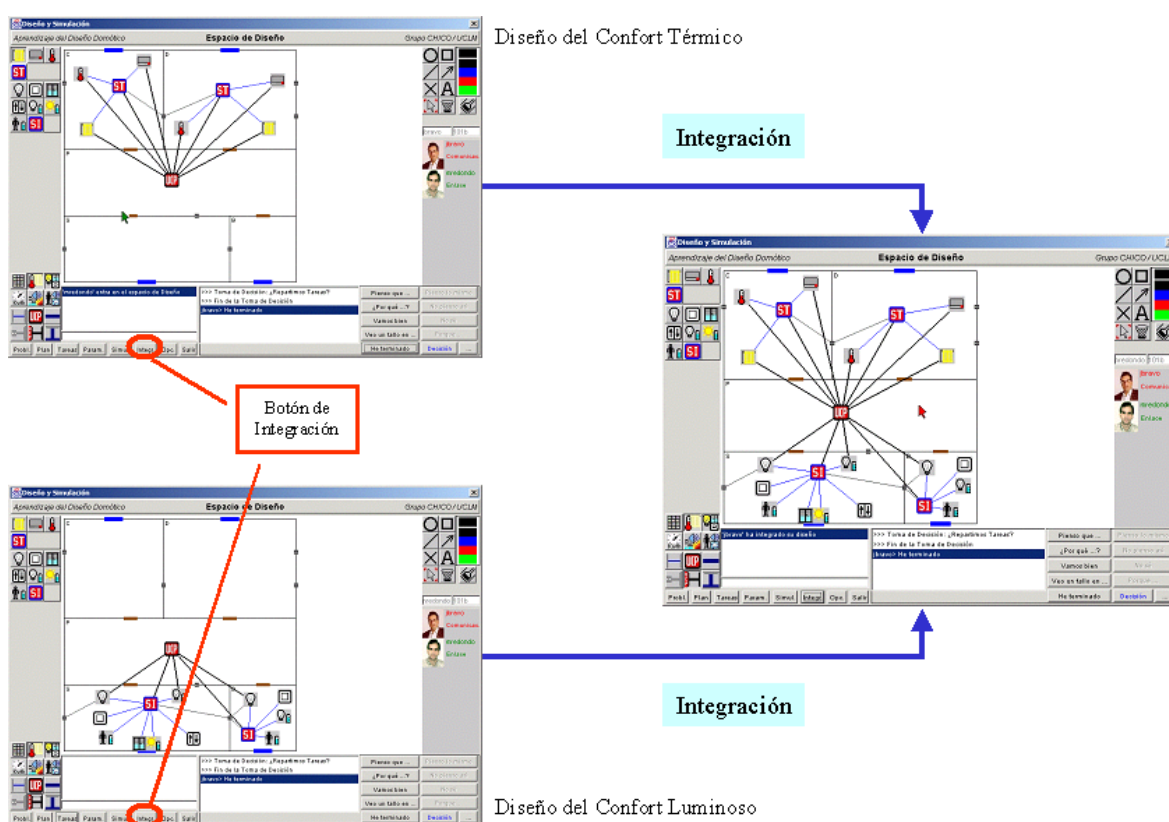


Figura IV.41. Diseño individual de dos usuarios y posterior integración para colaborar.

Técnicas de awareness

El *awareness* ha empezado a recibir una atención considerable en la investigación en CSCW y en *Groupware* (Dourish & Bellotti, 1992; McDaniel & Brinck, 1997; Gutwin & Greenberg, 1998). Percibir a las personas y tener conocimiento de las tareas que realizan es algo que ha demostrado su dificultad en los sistemas distribuidos de tiempo real. El trabajo en grupo efectuado con un sistema *groupware* suele parecer ineficiente, torpe y lento en comparación con el trabajo cara a cara. Pero cada vez se está viendo más claro que este conocimiento juega un importante papel en la fluidez y naturaleza de la colaboración, y

que soportar *awareness* se ve como la única manera de superar los inconvenientes de la colaboración remota.

Podemos decir que el *awareness* es el conocimiento actual que se tiene de la interacción que efectúa otra persona dentro de un espacio de trabajo compartido (Gutwin & Greenberg, 1996), aunque puede definirse simplemente como “saber qué pasa” (Endsley, 1995). Esto incluye información sobre quiénes están en el espacio de trabajo, dónde están trabajando, qué están haciendo y qué intentan hacer a continuación. El *awareness* reduce el esfuerzo necesario para coordinar tareas y recursos, ayuda a las personas a desplazarse entre actividades individuales y compartidas y permite anticipar las acciones de los demás. Cabe destacar que el *awareness* es conocimiento respecto a un entorno dinámico, que debe ser mantenido cuando el entorno evoluciona con la interacción de las personas, y que generalmente es secundario a otro objetivo, es decir, el *awareness* es una ayuda para hacer algo, como puede ser diseñar. De la misma manera que el mecanismo de la notificación es importante en los sistemas asíncronos, el *awareness* en espacios de trabajo compartido es fundamental en los sistemas síncronos.

Para dotar de capacidades de *awareness* a DomoSim-TPC hemos adaptado el *framework* conceptual que proponen Gutwin & Greenberg (1999) identificando los elementos que se recogen en la tabla IV.11. Cada elemento responde a una pregunta que podría hacerse un participante durante una sesión.

De algunos de los elementos no considerados explícitamente, como Intenciones y Expectativas, puede obtenerse cierta información aproximada a partir de las técnicas disponibles; por ejemplo, en estos dos casos puede deducirse lo que se hará en un futuro cercano a partir de lo que se ha hecho y de lo que se está haciendo, que queda contemplado por otros elementos (Localización, Acciones, Cambios y Objetos). Las diferentes técnicas que proponemos para conseguir dar respuesta a las preguntas de la tabla y que hemos aplicado en el entorno son las siguientes:

- Pizarra Electrónica: Es la superficie de trabajo en la que se realiza el diseño del modelo.
- Panel de Sesión: Es un panel que contiene la lista de participantes. Éstos quedan representados por tres componentes:
 - Fotografía.
 - Nombre, que aparece con el mismo color que el de su telepuntero.
 - Estado (tabla IV.12), que aparece con ese mismo color.
- Telepunteros: Son los apuntadores que representan el puntero de ratón de los participantes remotos. Cada uno es mostrado con el color asignado al participante, que es el mismo que se utiliza para escribir el nombre y estado del usuario en el Panel de Sesión. Junto con este telepuntero también se considera la “teleselección”, es decir, la manera en que se representa la selección de un objeto por parte de un usuario remoto.
- Teledatos: Son los datos que son manipulados conjuntamente por los participantes remotos. Forman un modelo que tendrá una representación gráfica mediante objetos y relaciones entre ellos.
- Lista de Interacciones: Es una lista en la que aparecen reflejadas todas las interacciones efectuadas por los participantes (tabla IV.13), exceptuando las de comunicación que se reflejarán en el Chat Dirigido. Pretende ofrecer una realimentación adicional de las interacciones para reforzar y facilitar su percepción. En el diseño de interfaces de usuario la realimentación o *feedback* supone uno de los principios fundamentales (Cox & Walker, 1993b) para el desarrollo de interfaces usables.

- **Chat Dirigido:** Esta herramienta, descrita en la sección IV.3, se utiliza para ofrecer servicios de comunicación. Mediante la comunicación los participantes pueden recabar información de *awareness*.

Elemento	Preguntas	Considerado explícitamente	Técnicas
Presencia	¿Quién está en el espacio de trabajo?	Sí	Panel de Sesión: foto y nombre
Localización	¿Dónde está trabajando?	Sí	Pizarra Electrónica Telepunteros Teledatos
Nivel de actividad	¿Cómo es de activo?	No	Telepunteros Teledatos Panel de Sesión: estado Lista de Interacciones Chat Dirigido
Acciones	¿Cuáles son sus actividades y tareas actuales?	Sí	Pizarra Electrónica Telepunteros Teledatos Panel de Sesión: estado Lista de Interacciones Chat Dirigido
Intenciones	¿Qué pretende hacer?	No	Pizarra Electrónica Telepunteros Teledatos Panel de Sesión: estado Chat Dirigido
Cambios	¿Qué cambios está produciendo y dónde?	Sí	Pizarra Electrónica Telepunteros Teledatos Panel de Sesión: estado Lista de Interacciones
Objetos	¿Qué objetos está utilizando?	Sí	Telepunteros Teledatos Lista de Interacciones
Extensiones	¿Hasta dónde puede llegar?	No	Chat Dirigido
Habilidades	¿Qué puede hacer?	No	Chat Dirigido
Influencia	¿Dónde puede hacer los cambios?	No	Chat Dirigido
Expectativas	¿Qué va a hacer a continuación?	No	Pizarra Electrónica Telepunteros Teledatos Panel de Sesión: estado Lista de Interacciones Chat Dirigido

Tabla IV.11. Elementos del *awareness* en espacios de trabajo.

En la tabla IV.12 se recogen los estados que se mantienen de los participantes en DomoSim-TPC, y en la tabla IV.13 aparecen los diferentes tipos de mensajes de realimentación textual, con los que se refuerza la percepción de las interacciones de diseño, junto con una explicación.

Estado	Situación
Edición	Edición de operadores (inserción)
Parametrización	Cambio en las propiedades de un operador
Selección	Selección de un objeto (operador, enlace o figura)
Enlace	Edición de enlaces (inserción), en cualquiera de sus formas
Diseño	Situación inicial de diseño
Dibujo	Dibujo de una figura. Se ha pulsado el icono de círculo, cuadrado, línea, flecha, cruz o texto
Comunicación	Se ha efectuado una comunicación mediante el Chat Dirigido

Tabla IV.12. Estado del usuario durante el diseño.

Mensaje	Descripción
'usuario' entra en el espacio de Diseño	Un nuevo usuario ha accedido al Diseño
'usuario' abandona el espacio de Diseño	Un usuario abandona el Diseño
'usuario' ha insertado un operador	---
'usuario' ha enlazado dos operadores	---
'usuario' ha enlazado un operador y la UCP	---
'usuario' ha enlazado un operador con un enchufe	---
'usuario' ha insertado una línea de bus	---
'usuario' ha enlazado un operador con el bus	---
'usuario' ha dibujado una figura	---
'usuario' ha insertado texto	---
'usuario' ha seleccionado un objeto	---
'usuario' ha eliminado un objeto	---
'usuario' ha movido un operador	---
'usuario' ha parametrizado un operador	---
'usuario' ha integrado su diseño	---
Integración Automática: Han pasado 300'	Mensaje del sistema para informar que el trabajo individual de los usuarios se ha integrado automáticamente para formar una solución conjunta

Tabla IV.13. Interacciones de los usuarios durante el diseño.

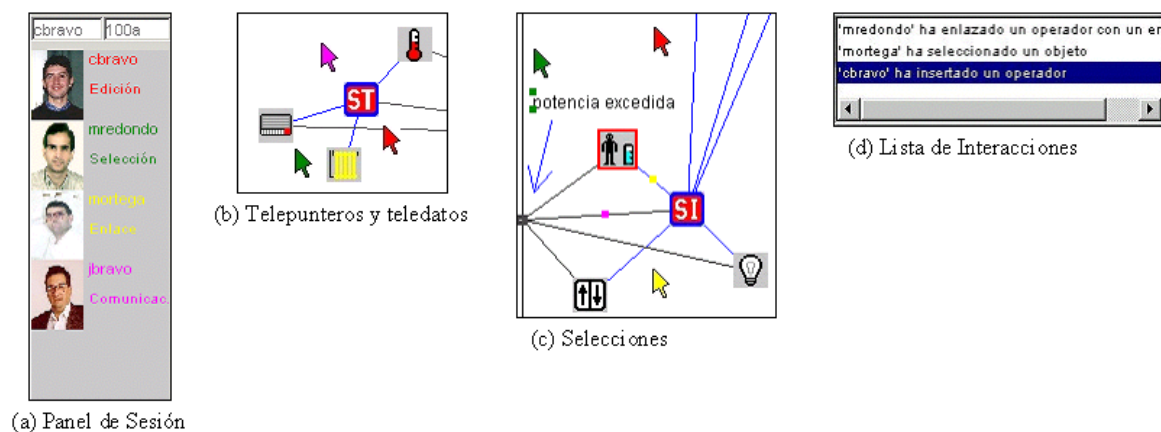


Figura IV.42. Elementos de *awareness* en DomoSim-TPC.

En la figura IV.42 se recogen las principales técnicas que ofrece DomoSim-TPC para materializar los aspectos de *awareness* comentados: (a) el Panel de Sesión, (b) los telepunteros y teledatos, (c) diferentes tipos de selecciones efectuadas y (d) la Lista de Interacciones. El Panel de Sesión es una herramienta que esta disponible en todos los subespacios; en algunos de ellos se visualiza horizontalmente por consideraciones de espacio. También se dispondrá en cada subespacio de listas de interacciones para reflejar las relativas a la tarea que se realice en él.

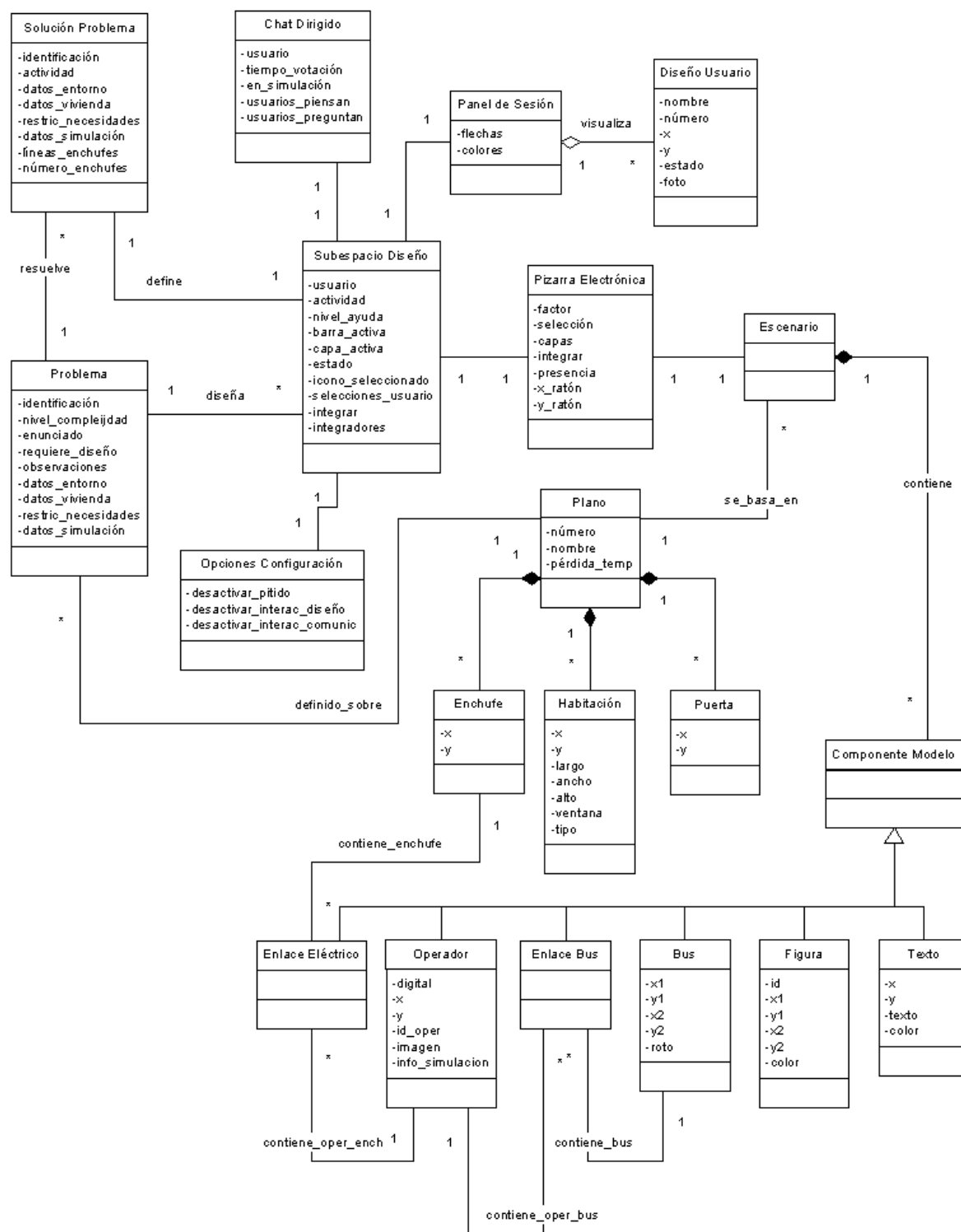


Figura IV.43. Modelo Estructural del Diseño.

Modelo Estructural del Diseño

El subespacio de Diseño utiliza los datos del problema (clase *Problema*) y los valores asignados a las variables mediante la clase *Solución Problema* (figura IV.43). Se relaciona con el Chat Dirigido, el Panel de Sesión y las opciones de configuración. Este subespacio contiene información relativa al usuario y la actividad, al estado de la herramienta para caracterizar las acciones que está efectuando el usuario, a la visualización y opciones relativas a las selecciones de objetos y a la integración del reparto.

El modelo diseñado se representa mediante objetos de una jerarquía a partir de la clase *Componente Modelo*. El escenario queda constituido por un conjunto de componentes y se sitúa sobre la pizarra. La Pizarra Electrónica es una clase de objeto que representa el espacio en el que diseñar el modelo, formado por un panel blanco sobre el que se visualizan gráficamente los componentes. Recoge en todo momento la posición (x, y) del puntero de ratón del usuario, así como información relativa a las capas que se visualizan, a los usuarios que han integrado su solución y a las selecciones de objetos efectuadas.

Las clases relativas al plano de la vivienda asociado al problema y relacionado con el escenario han sido descritas en el apartado IV.2.2. Los componentes del modelo son los operadores, figuras, textos y enlaces situados sobre la pizarra. Puede verse cómo un Enchufe Eléctrico asocia un enchufe a un operador y cómo un Enlace Bus asocia un bus a un operador.

IV.4.6. Subespacio de Reparto de Tareas

La funcionalidad de este subespacio es la de definir una distribución de las acciones entre los miembros del grupo de manera que se coordine su trabajo. Los alumnos deben decidir cómo repartir las tareas de diseño que cada uno debe llevar a cabo mediante la elección primero de un criterio de distribución y la posterior asignación de las tareas de acuerdo con el criterio. Estas tareas son las que se efectúan sobre el plano del escenario.

El reparto es un instrumento interesante de cara a posibilitar diferentes organizaciones de la sesión de diseño. El reparto permite, por ejemplo, con las adecuadas asignaciones, que sólo un alumno (o profesor) efectúe todas las tareas, haciendo así de tutor del resto de alumnos del grupo. Esta estrategia de reparto de tareas hace que cada alumno asuma su responsabilidad en la parte del problema de diseño que le corresponde, consiguiendo una organización social del trabajo.

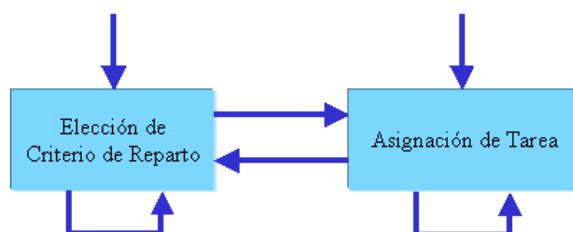


Figura IV.44. Protocolo de Reparto de Tareas.

Para proceder con este reparto se seguirá el protocolo de la figura IV.44. Hay dos etapas: la elección del criterio de reparto y, de acuerdo con ese criterio, la asignación de

tareas. En unos casos se accederá al subespacio para cambiar de criterio, por lo que éste será el nodo inicial, y en otros el grupo se limitará a realizar nuevas asignaciones.

Para la elección del criterio y la asignación de tareas se dispone de procedimientos de discusión mediante actos del habla que se describen mediante grafos conversacionales. Otros recursos que asisten en este proceso son el Chat Dirigido y los diferentes mecanismos de *awareness*, tales como el Panel de Sesión y las listas de interacciones. En este caso las listas son dos: una para recoger los mensajes asociados a la elección de criterio (figura IV.45.3) y otras para recoger los asociados a la asignación de tareas (figura IV.45.4). Las principales acciones que se pueden realizar son las de propuesta, acuerdo y desacuerdo.

Las propuestas individuales se realizan mediante botones. Estas propuestas se recogen en listas, en primer lugar como medio de información y en segundo lugar para poder seleccionarlas y responder a ellas con un acuerdo o desacuerdo. Finalmente, unos campos de texto y listas se utilizan para visualizar los acuerdos de criterio y asignaciones adoptados.

En la figura IV.45 aparece este subespacio en el entorno DomoSim-TPC. La información relativa al criterio aparece en la parte superior de la pantalla (a) y los datos del reparto de tareas en la parte inferior (b). La parte izquierda (1,2) recoge las propuestas individuales propias y la parte central (3,4) contiene las propuestas de los compañeros junto con los botones para expresar acuerdo o desacuerdo. En la parte derecha (5,6) aparecen las decisiones ya tomadas, que son el criterio y las asignaciones que se utilizarán en el diseño.

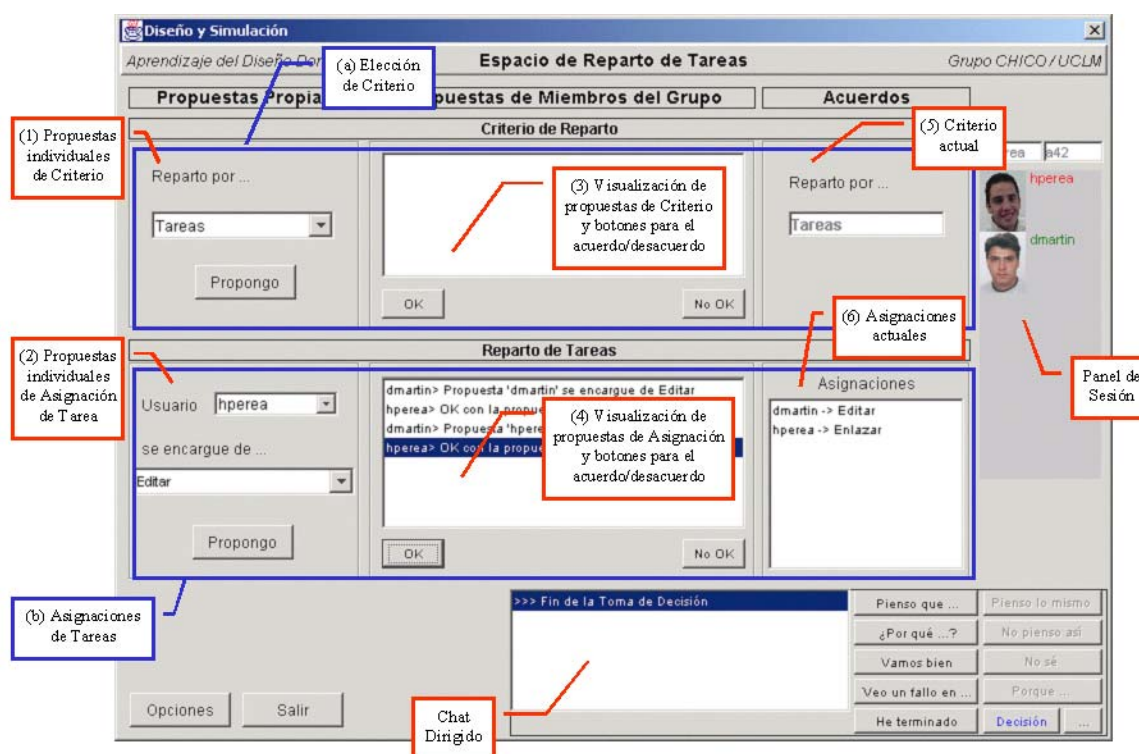


Figura IV.45. Subespacio de Reparto de Tareas de DomoSim-TPC.

Un funcionamiento más detallado de esta Herramienta de Reparto de Tareas aparece en el Manual de Usuario de DomoSim-TPC.

Criterio de reparto

El criterio se refiere a la manera en que se reparten las tareas. El protocolo detallado que describe el procedimiento de elección del criterio de reparto, especificado mediante un grafo conversacional (figura IV.46), refleja que a la propuesta de criterio de un alumno sigue un acuerdo o desacuerdo del resto de compañeros. El estado inicial es el i . Cuando un usuario recibe una propuesta se realiza una transición al estado p , desde el que se puede contestar con acuerdo o desacuerdo para regresar al estado i . Para cada usuario existe uno de estos grafos, que recoge transiciones tanto del que propone como del que contesta. Un criterio será elegido cuando todos los participantes (exceptuando el alumno que propone) manifiestan su acuerdo. Las abstenciones no se consideran como acuerdo, aunque tampoco como desacuerdo, quedando la votación pendiente hasta que se completen todos los votos.



Figura IV.46. Grafo conversacional para la propuesta de criterios de reparto.

Los criterios de reparto posibles son:

1. Por zonas del plano: Cada elemento que se puede asignar es una zona del plano. En nuestro dominio se trataría de las habitaciones de la vivienda.
2. Por áreas: Se pueden asignar a los alumnos áreas que agrupan a los operadores. En Domótica tendríamos la regulación de la temperatura, la regulación de la iluminación, el control energético, el control de seguridad ante accidentes y el control de seguridad frente a intrusión.
3. Por tareas: Asigna a cada alumno tareas de diseño, como son la edición de operadores, el enlace (entre operadores y entre éstos y otros elementos) y la parametrización de operadores.
4. Sin criterio: No se efectúa asignación de tareas, permitiendo a los alumnos un trabajo libre en el diseño.

Es de destacar la circunstancia de que los criterios 1 y 2 dan lugar a un diseño cooperativo, mientras que los criterios 3 y 4 conllevan un diseño colaborativo. Repartir las tareas por zonas del plano o por áreas permite que el alumno se centre en resolver una parte independiente del problema, quedando constituida la solución por la suma de las partes; mientras que un reparto por tareas favorece la coordinación entre los alumnos que construyen la solución en conjunto, ya que el trabajo de unos depende del trabajo de otros y todos tienen una visión global del modelo que se diseña. No obstante hay que tener en cuenta que este reparto cooperativo se produciría sólo durante el diseño inicial del modelo, ya que posteriormente todo el grupo debe validar el diseño de los compañeros mediante procesos de discusión y el modelo debe refinarse colaborativamente. Otras fases como la parametrización o la simulación son puramente colaborativas.

En la descripción de las experiencias realizadas (capítulo VI) se indicará que los alumnos prefieren organizar el trabajo mediante el Chat Dirigido que hacerlo mediante este subespacio. No obstante, a partir de la información recabada mediante la realización de

entrevistas informales a los alumnos, hemos visto que los que han utilizado el reparto lo han hecho para asignar áreas de gestión, lo que les permite especializarse en una o dos áreas y trabajar más rápido en futuros problemas. Por tanto, el reparto por áreas facilita un aprendizaje eficaz de las áreas tratadas. Lo mismo sucede con el reparto por tareas, con la diferencia de que la especialización se produce a otro nivel: los operadores y las áreas se ven de manera global pero desde una perspectiva dependiente de la tarea (insertar, enlazar o parametrizar). A los alumnos les parece que el criterio por habitaciones hace su trabajo más lento en comparación con el criterio por áreas. No hay especialización y simplemente se divide el trabajo total en partes más pequeñas (habitaciones). Por otro lado, indican que la organización que impone el reparto estructura su trabajo, lo facilita y reduce los errores que se pueden producir.

Asignación de tareas

La asignación relaciona a cada alumno con uno o más elementos que definen las acciones que se pueden realizar. De esta manera se podrían asignar habitaciones a los alumnos, teniendo un trabajo por zonas, se podrían asignar áreas, para que cada uno trabaje con un grupo determinado de operadores, o se podrían asignar tareas de diseño. Cuando no hay definido ningún criterio no es posible realizar ninguna asignación y, en este caso, todos los alumnos pueden hacer cualquier cosa.

La propuesta de asignaciones se guía por el grafo conversacional de la figura IV.47. La técnica es igual que para la elección del criterio: un alumno propone una asignación y los compañeros responden con un acuerdo o un desacuerdo. Pueden reasignarse los elementos a diferentes usuarios, en cuyo caso la nueva asignación sustituye a la anterior.



Figura IV.47. Grafo conversacional para la propuesta de asignaciones de tareas.

La herramienta impide que una tarea pueda ser asignada a más de un alumno. Esto se logra comprobando que el objeto no esté ya asignado a algún usuario cuando se realiza una nueva asignación; en este caso se elimina esa asignación incluyéndose la nueva. Hay que tener en cuenta que las tareas que no se asignen no se podrán llevar a cabo en el diseño, lo que puede dar lugar a que no se complete un modelo por no poderse realizar alguna tarea.

Modelo Estructural del Reparto de Tareas

Como puede verse en la figura IV.48, el subespacio de Reparto de Tareas almacena el criterio elegido para cada actividad (clase *Reparto*), así como una lista de asignaciones de reparto representadas por el nombre de usuario y el objeto que tiene asignado (clase *Asignación*). Este objeto será, en función del criterio, una habitación, un área de gestión o una tarea; todos ellos quedan representados por un número entero. Para realizar este

reparto, el subespacio trata con un problema, y en su funcionamiento se relaciona con un objeto Chat Dirigido, un objeto Panel de Sesión y las opciones de configuración. El Panel de Sesión contiene a su vez la lista de usuarios que participan en la sesión.

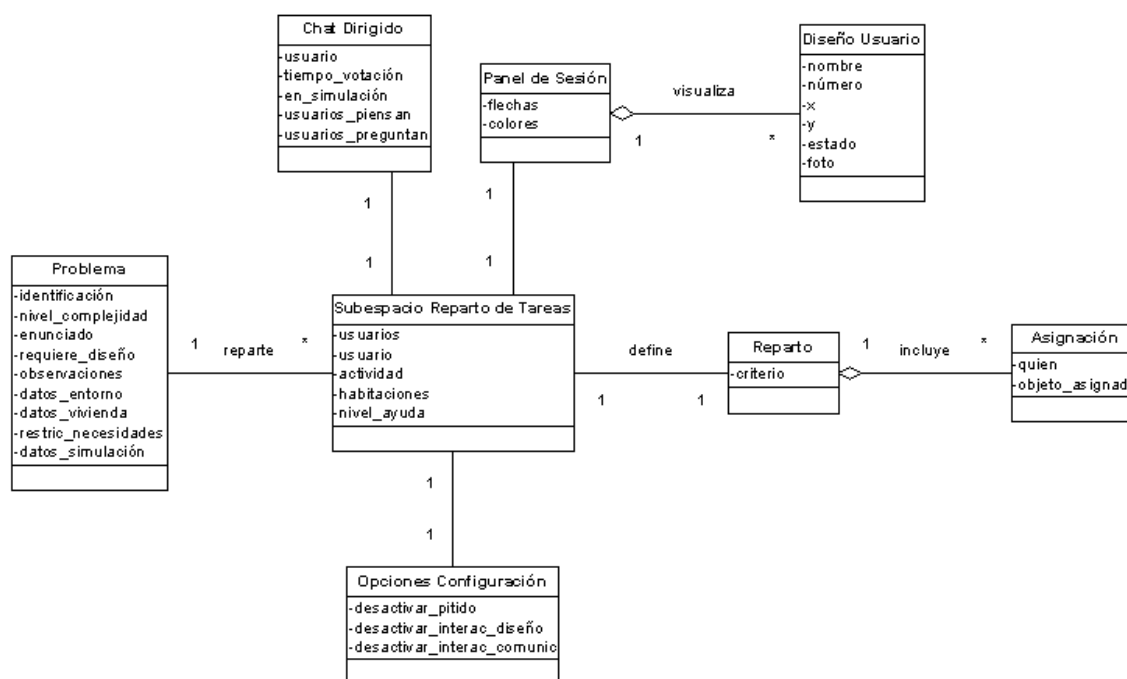


Figura IV.48. Modelo Estructural del Reparto de Tareas.

IV.4.7. Subespacio de Parametrización

Este subespacio posibilita al grupo la asignación de valor a las variables generales del problema. Estas variables engloban las relativas a la vivienda y al entorno y las que caracterizan el tipo de solución construida de acuerdo a las especificaciones del problema.

Los alumnos darán valores consensuados a las diferentes variables del escenario mediante un proceso de propuestas, y de acuerdo a diferentes modelos de diálogo. No todos los parámetros se pueden modificar, sólo aquellos que hayan sido marcados en el problema como modificables. Los modelos de diálogo posibles para la asignación son dos:

- **Democrático:** En éste los alumnos proponen para cada parámetro diferentes valores, tomándose como decisión el valor dado por la mayoría o el valor medio.
- **Basado en Propuestas:** Cada alumno debe mostrar su acuerdo o desacuerdo con las propuestas de los demás, tomándose como decisión el valor que ha alcanzado el consenso, es decir, aquel valor con el que ningún alumno ha manifestado su desacuerdo.

En este subespacio, como en el de Reparto de Tareas, se efectúa un proceso de propuestas y de aceptación o no de éstas. El trabajo del grupo consiste en realizar un conjunto de asignaciones de valor que se describe mediante el grafo de la figura IV.49.

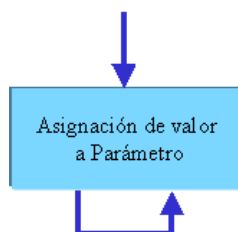


Figura IV.49. Protocolo de Parametrización.

En la tabla IV.14 se muestran los posibles tipos de parámetros, y se detalla cómo se realiza la selección del valor final del parámetro en función del modo de parametrización. En DomoSim-TPC este modo de colaboración en la parametrización se indica en la definición de la actividad y se denomina *Modelo de discusión para la parametrización*.

Tipo	Descripción	Valor final	
		Modelo democrático	Modelo basado en propuestas
N Numérico	Representa un valor numérico real	Media aritmética	Valor propuesto por un alumno con el acuerdo de los demás
T Texto	Representa un valor alfanumérico	Moda	
L Lista de valores	Representa una lista de valores alfanuméricos	Moda	
S Sí / No	Representa un dato que admite los valores sí o no	Moda	

Tabla IV.14. Modo de asignación de valor a un parámetro.

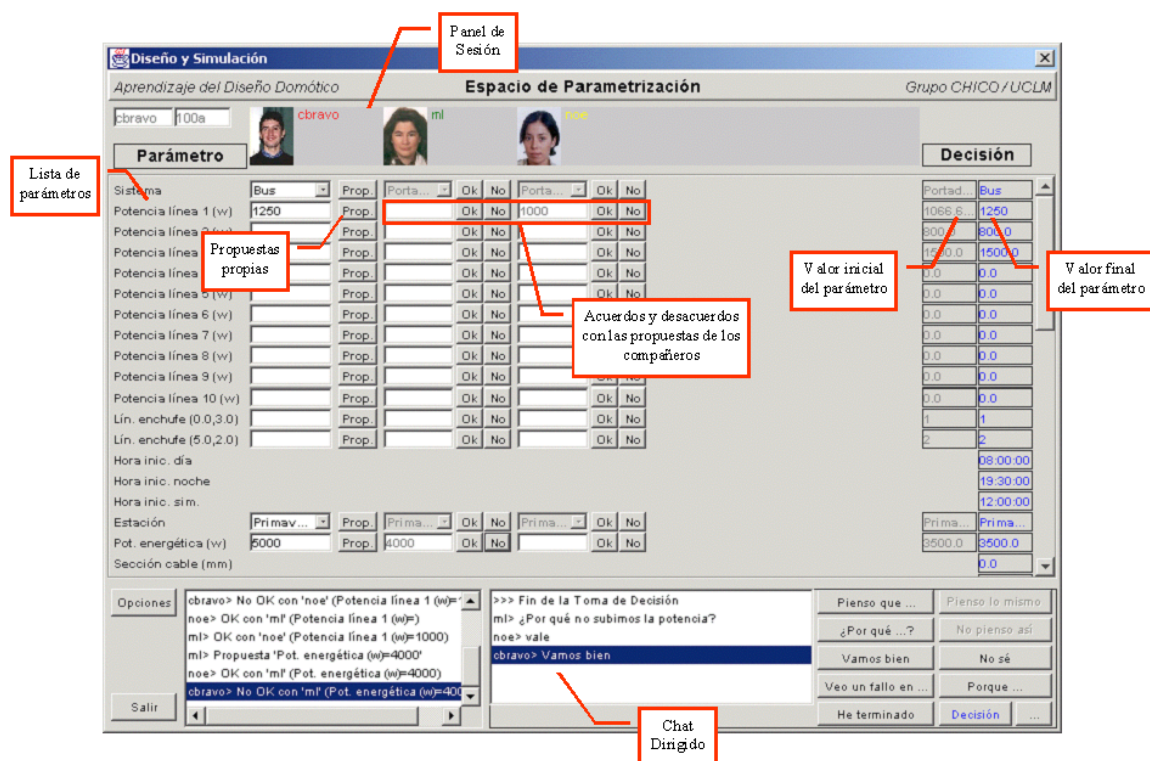


Figura IV.50. Subespacio de Parametrización en DomoSim-TPC.

En la figura IV.50 se muestra la pantalla correspondiente al subespacio de Parametrización de DomoSim-TPC. En este caso el Panel de Sesión es visualizado de manera horizontal. La lista de parámetros aparece a la izquierda, y el valor que éstos tienen a la derecha. El valor que tiene una variable al acceder al subespacio se denomina valor inicial, mientras que el nuevo valor que se define en esta ventana se llama valor final, y es el que tendrá la variable a partir de entonces. Las propuestas de los compañeros aparecen en la columna correspondiente a su foto y en la columna correspondiente al propio usuario aparece un botón para efectuar la propuesta. En este caso el modelo de diálogo utilizado es el democrático.

En el Manual de Usuario de DomoSim-TPC se detalla el funcionamiento de esta Herramienta de Parametrización.

Parametrización Basada en Propuestas

En el modelo Basado en Propuestas cada alumno debe mostrar su acuerdo o desacuerdo con las propuestas de los demás, tomando como decisión el valor que ha alcanzado el consenso, es decir, aquel valor con el que todos los alumnos han manifestado su acuerdo. Este proceso de asignación de valor a un parámetro se corresponde con el grafo conversacional de la figura IV.51.



Figura IV.51. Grafo conversacional para la propuesta de valor de un parámetro (modelo basado en propuestas).

En la anterior figura IV.50 se muestra la interfaz desarrollada para materializar este modelo. Bajo la foto del usuario se encuentra el botón *Prop.* para efectuar propuestas, y bajo las fotos de los compañeros se disponen los botones *Ok* y *No* para, respectivamente, manifestar el acuerdo o el desacuerdo con sus propuestas.

Parametrización Democrática

En el modelo Democrático la tarea de dar valor a los parámetros queda regulada por el grafo conversacional de la figura IV.52. No es preciso que los alumnos respondan a las propuestas de los compañeros, sino que cada uno efectúa su propuesta y el valor que se asigna al parámetro será elegido “democráticamente”: se toma la media en los parámetros numéricos y la moda en el resto de parámetros, tal como se mostró en la tabla IV.14. Ambos estadísticos se calculan sobre el conjunto de las propuestas realizadas, no considerándose los alumnos que no hayan efectuado ninguna. El estadístico de la moda significa tomar el valor más votado, esto es, el valor propuesto con una frecuencia de repetición mayor. Cuando haya empate se tomará el valor del alumno situado más a la izquierda en el Panel de Sesión.

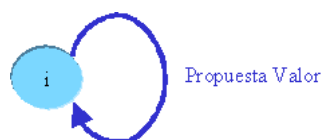


Figura IV.52. Grafo conversacional para la propuesta de valor de un parámetro (modelo democrático).

En esta variante puede verse cómo ahora no se dispone de botones para el acuerdo o desacuerdo, únicamente para proponer (figura IV.53). En el ejemplo de la figura se observa que tres alumnos han efectuado una asignación para el parámetro *Potencia línea 1 (w)*, y se ha obtenido un valor de *1066.66*, que es la media aritmética de los valores *1000*, *1200* y *1000*. Aunque esto no es del todo real porque no se puede asignar una potencia de 1066.66.

Parámetro	Portadora	Portadora	Portadora	Prop.	Decisión
Potencia línea 1 (w)	1000	1200	1000	Prop.	500.0 1066.6...
Potencia línea 2 (w)	800			Prop.	500.0 500.0

Figura IV.53. Subespacio de Parametrización con modelo de diálogo democrático.

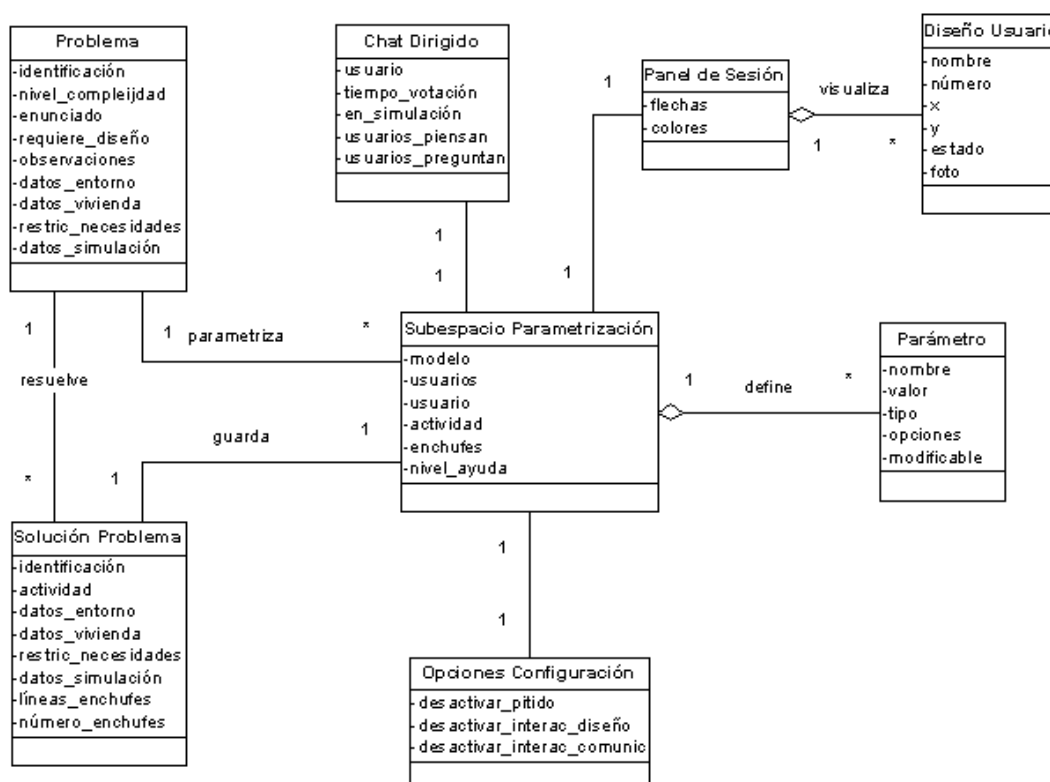


Figura IV.54. Modelo Estructural de la Parametrización.

Modelo Estructural de la Parametrización

El subespacio define una colección de parámetros (figura IV.54). De cada uno se registra su nombre, el valor, el tipo de parámetro (numérico, texto, lista, sí/no), las opciones, en el caso de que sea del tipo lista de opciones, y si es modificable.

Para realizar este reparto, el subespacio utiliza los datos del problema y almacena los parámetros en un objeto de la clase *Solución Problema*. En su funcionamiento se relaciona con un objeto Chat Dirigido, un objeto Panel de Sesión y las opciones de configuración. El Panel de Sesión contiene a su vez la lista de usuarios que participan en la sesión.

IV.4.8. Subespacios de Casos e Hipótesis y Simulación

El modelo diseñado en el subespacio de Diseño, que constituye la solución al problema, puede simularse para estudiar su comportamiento, comprobando el cumplimiento de los objetivos y requisitos del problema. Este es el objetivo de los dos subespacios de trabajo que se describen a continuación en este apartado, que se corresponden con los espacios de hipótesis y de experimentación propuestos por Klahr & Dunbar (1988) en relación al Aprendizaje por Descubrimiento.

Este proceso de simulación lleva a los usuarios (alumnos) a experimentar un aprendizaje por descubrimiento, en este caso en colaboración. Van Joolingen (2000) utiliza el término Aprendizaje por Descubrimiento Colaborativo para referirse a las nuevas aplicaciones educativas que pueden ofrecerse desde la interacción que se produce entre el soporte a la colaboración y los procesos de aprendizaje específicos relativos al descubrimiento. Al combinar la colaboración y el descubrimiento se produce una interacción entre las dos tareas que proporciona nuevas oportunidades para asistir al aprendiz. Esta relación puede explotarse de varias maneras: por un lado el comportamiento de descubrimiento efectuado por los aprendices puede verse influenciado por la colaboración, y por otro, la colaboración puede beneficiarse de información que puede extraerse del proceso de descubrimiento. Salomon & Globerson (1989) también opinan que la colaboración puede tener una influencia positiva en el proceso de aprendizaje por descubrimiento. La simulación que se ha desarrollado en el entorno construido es de este tipo: se basa en la colaboración y el descubrimiento.

Según van Joolingen (2000), los ingredientes básicos para una arquitectura de descubrimiento colaborativo basado en simulación son:

- Marco de referencia: Proporciona una representación semántica de los objetos que manipulan las diferentes herramientas, que permite la interpretación de los resultados experimentales y de las hipótesis enunciadas.
- Herramientas colaborativas: Son foros de discusión, canales de chat, pizarras electrónicas y otras herramientas que permiten colaboración de una manera u otra.
- Espacio de experimentación: Representa la tarea de simulación en la que se produce el aprendizaje por descubrimiento.

En nuestra propuesta, el subespacio de Simulación se corresponde con el espacio de experimentación, y las herramientas colaborativas son el Chat Dirigido, la Herramienta de Toma de Decisiones y las diferentes técnicas de *awareness* ya descritas con anterioridad. El subespacio de Casos e Hipótesis es un espacio complementario con el de Simulación. Puede considerarse una herramienta colaborativa de discusión en la que se seleccionan los

casos a simular y se gestionan las hipótesis. Estos dos subespacios se describirán más adelante.

En el aprendizaje por descubrimiento es necesario un soporte para procesos específicos de descubrimiento como la generación de hipótesis, el diseño de experimentos, etc. En BELVEDERE (Suthers, Toth & Weiter, 1997) los aprendices pueden trabajar de forma síncrona en la construcción de una estructura argumentativa consistente en hipótesis, evidencias y relaciones entre ellas. Estas relaciones indican si alguna evidencia específica verifica o contradice una hipótesis dada. Esta estructura se corresponde con los procesos más comunes de aprendizaje por descubrimiento en los que la formación de hipótesis y la acumulación de evidencias es una actividad importante. Todo esto justifica la utilización de hipótesis de simulación como mecanismo adecuado para favorecer la comprensión de los mecanismos que gobiernan la simulación. En este sentido, en el entorno informático construido se han incorporado los mecanismos adecuados para instrumentar la propuesta de hipótesis y su posterior verificación.

Saab & van Joolingen (2002) han construido una herramienta de enseñanza que se basa en la simulación y en la colaboración. Esta herramienta utiliza conjuntamente un entorno de simulación monousuario (SimQuest²⁶) y un sistema genérico de *groupware* (NetMeeting®). Esta aproximación ha servido para alcanzar el objetivo de los autores, pero creemos que la utilización conjunta de herramientas de simulación monousuario y de sistemas de *groupware* no es la mejor dirección para maximizar la utilidad de la simbiosis entre CSCL y Simulación. Creemos que son necesarios procesos de integración e interacción entre herramientas colaborativas generales y orientadas a tareas del dominio y herramientas de simulación, de manera que la colaboración esté incorporada de manera natural en el entorno de simulación. Por este motivo hemos desarrollado un entorno completo que integra la simulación y la colaboración en una misma aplicación.

En la figura IV.55 se muestra el protocolo de colaboración que se sigue en estos dos subespacios. Cuando los alumnos creen que han solucionado el problema, se desplazan al subespacio de Casos e Hipótesis desde el de Diseño. En éste realizan la tarea de proponer y seleccionar casos de simulación y de gestionar hipótesis de simulación. Tras la inclusión de nuevas hipótesis se produce un proceso de discusión entre los alumnos en relación a si se verifican o no las hipótesis durante la experimentación. Posteriormente se podrán desplazar al de Simulación para experimentar el comportamiento del modelo. Una vez finalizada la simulación regresan al subespacio anterior. Estos dos subespacios se describirán en los siguientes apartados.

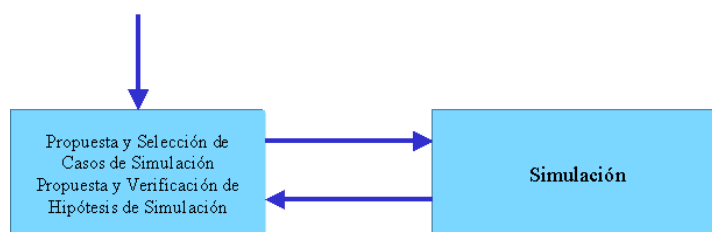


Figura IV.55. Protocolo general de simulación.

Respecto a los componentes que contiene la Herramienta de Diseño del modelo (subespacio de Diseño), para la simulación se requieren los mismos elementos,

²⁶ <http://www.simquest.to.utwente.nl/simquest>

exceptuando las barras de herramientas de diseño y de dibujo, junto con otros componentes que permiten mostrar información y representar acciones de simulación. Por tanto, los elementos que debe contener una herramienta de simulación colaborativa son los siguientes:

- Pizarra electrónica: Constituye la superficie compartida de trabajo que contiene el modelo diseñado y sobre la que los usuarios puede efectuar acciones de simulación mediante manipulación directa mediante el Modelo Conceptual Objeto-Acción.
- Mecanismos de comunicación y coordinación: Herramientas para la discusión y la toma de decisiones, como el Chat Dirigido y la Herramienta de Voto.
- Funciones de *awareness*: Ofrecen información sobre los usuarios y sus acciones.
- Opciones de configuración: Permiten configurar la información de interacción que se muestra a los usuarios.
- Acciones de simulación: Son las acciones que pueden efectuar los usuarios sobre los objetos del modelo para alterar el comportamiento de éste durante la simulación. Normalmente se representan mediante botones.
- Información de simulación: Contienen valores de parámetros y variables así como el reloj de la simulación.
- Casos de simulación: Contienen casos para la ejecución de la simulación y mecanismos para crear nuevos casos y seleccionar uno de ellos.
- Hipótesis: Contienen el texto de las hipótesis e información sobre su verificación junto con mecanismos para su gestión.

En los sistemas estudiados en el capítulo II (ERCIS, SESAM, SIMPLE, WebNet, LESP y TurboTurtle) se observan algunos de estos elementos. En la tabla IV.15 pueden verse los elementos que están disponibles en cada uno de los dos subespacios del entorno DomoSim-TPC relativos a simulación.

Elemento	Subespacio de Casos e Hipótesis	Subespacio de Simulación
Pizarra electrónica	Sí	Sí
Mecanismos de comunicación y coordinación	No	Sí
Funciones de <i>awareness</i>	Sí	Sí
Opciones de configuración	No	Sí
Acciones de simulación	No	Sí
Información de simulación	No	Sí
Casos de simulación	Sí	No
Hipótesis de simulación	Sí	No

Tabla IV.15. Elementos de una Herramienta de Simulación Colaborativa aplicados a DomoSim-TPC.

Las funcionalidades de *awareness* ofrecidas en el Diseño siguen siendo necesarias en la simulación. Se dispone de la Pizarra Electrónica compartida, de teledatos, que constituyen el modelo a simular, del Panel de Sesión, de Listas de Interacciones y del Chat Dirigido. En este caso no se incluyen los telepunteros debido a que pueden dificultar la apreciación de cambios en la representación gráfica del modelo, así como ralentizar la simulación por las numerosas comunicaciones que genera el movimiento del ratón por parte de los usuarios.

Casos e hipótesis de simulación

Para estudiar la influencia de la colaboración en el aprendizaje por descubrimiento, Saab & van Joolingen (2002) han estudiado los procesos y las habilidades necesarios para efectuar este tipo de aprendizaje, identificando los siguientes:

- Proceso de orientación: Se refiere a habilidades de identificación y definición de variables y parámetros.
- Generación de hipótesis: Son habilidades de descripción y reconocimiento de relaciones.
- Prueba de hipótesis: Se corresponde con la interpretación de datos y gráficos, diseño del experimento, definición de variables y predicción.

En este subespacio de Casos e Hipótesis los alumnos van a desarrollar precisamente este tipo de procesos y de habilidades para el trabajo con hipótesis. Se van a plantear hipótesis y se va a comprobar si éstas se verifican. La Teoría de Aprendizaje por Descubrimiento (van Joolingen & de Jong, 1997) describe las hipótesis como enunciados sobre las relaciones entre variables y experimentos y sobre manipulaciones de variables y los resultados o efectos de estas manipulaciones. A pesar de los beneficios que suponen las hipótesis, hay que tener en cuenta que existen una serie de problemas importantes en relación a su generación (de Jong & van Joolingen, 1998). En primer lugar, los estudiantes no saben qué es o cómo es una hipótesis; otro inconveniente es que encuentran dificultades para enunciar o adaptar una hipótesis sobre la base de los datos adquiridos, lo que puede verse como una resistencia al cambio o una tendencia a mantener las ideas iniciales.

Paralelamente a la utilización de hipótesis, en este subespacio se pueden proponer nuevos casos de simulación y seleccionar el que se va a simular. Un caso de simulación es una ejecución particular de la simulación. El problema adjunta una pequeña lista de casos a simular, y los alumnos pueden crear nuevos casos.

El protocolo seguido en este subespacio es el que puede verse en la figura IV.56. Los alumnos pueden efectuar cualquiera de las cuatro subtareas indistintamente. Esto queda ilustrado en la figura por las correspondientes flechas, que indican las posibles transiciones entre las subtareas. Una excepción es que la subtarea de Simulación de Caso, una vez seleccionada, da lugar a la apertura del subespacio de Simulación para realizar ésta, y es preciso que la simulación termine para poder regresar al subespacio y estar en condiciones de realizar nuevamente alguna de las cuatro subtareas.

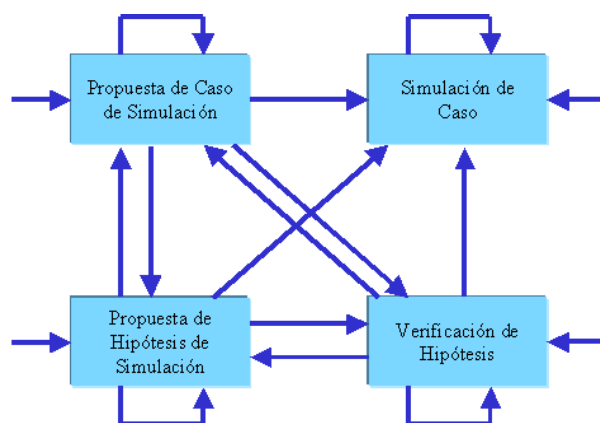


Figura IV.56. Protocolo de Casos e Hipótesis de simulación.

En la figura IV.57 se muestran los grafos conversacionales que describen el procedimiento de propuesta de casos de simulación (izquierda) y el de selección de un caso para simular (derecha). En ambos casos es un alumno el que tiene la iniciativa de realizar la proposición y el resto de alumnos tienen que responder con una manifestación de acuerdo o desacuerdo.

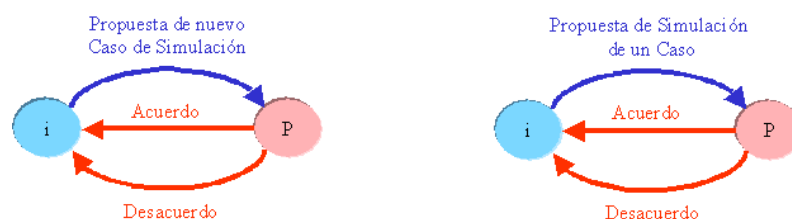


Figura IV.57. Grafo conversacional para la propuesta de casos de simulación.

En la figura IV.58 pueden verse los grafos conversacionales para las subtarefas de proponer hipótesis, aceptar hipótesis (confirmar) y rechazar hipótesis (no confirmación). El procedimiento se basa en la iniciativa de un usuario para proponer y la respuesta de los demás mediante un acuerdo o desacuerdo. Como puede verse la confirmación de hipótesis se discute y no viene dada por el resultado de la simulación.

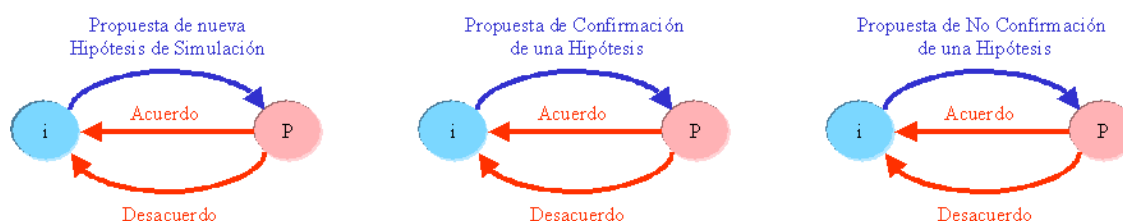


Figura IV.58. Grafo conversacional para la propuesta y confirmación de hipótesis.

Las diferentes zonas de la ventana correspondiente al subespacio de Casos e Hipótesis en el entorno DomoSim-TPC son las siguientes (figura IV.59):

- Superficie de trabajo: Es la pizarra electrónica en la que se visualiza el modelo diseñado; recoge el plano de la vivienda y el modelo (operadores y enlaces).
- Identificación del usuario y de la actividad.
- Panel de Sesión: Contiene la lista de participantes en la sesión de trabajo.
- Elección y propuesta de casos de simulación: En la parte superior de esta zona aparecen reflejados los casos de simulación que incorpora el problema y los propuestos por los alumnos, y en la parte inferior los mensajes intercambiados entre los usuarios.
- Planteamiento y verificación de hipótesis de simulación: En la parte superior se encuentra una tabla que recoge el texto de las hipótesis y si se verifican (verdadero o falso), y en la parte inferior aparecen mensajes que informan de los procesos de proposición.

Los botones que permiten efectuar las subtarefas descritas son los de *Simular*, *Proponer*, *OK*, *NO OK*, *V* y *F*. Su funcionamiento se describe en profundidad en el Manual de Usuario de DomoSim-TPC.

En la figura IV.59 pueden verse los casos de simulación que acompaña el problema. Se trata de realizar dos simulaciones: una de día y otra de noche. Esto implica que los alumnos tienen que coordinarse para modificar el reloj de simulación en el subespacio de

Parametrización, haciendo que ésta comience a diferentes horas. Esto les asiste en la simulación de dos situaciones distintas, ya que las temperaturas durante el día y la noche son diferentes. La experimentación de todos los casos (incorporados en el problema y añadidos por los alumnos) se considera un trabajo positivo de cara a la evaluación de la solución al problema en el análisis de la actividad. Es importante advertir que la traza de la simulación se almacena por casos, con lo que se puede revisar el resultado de diferentes simulaciones con la herramienta correspondiente. En la figura puede verse cómo el alumno *hperea* ha propuesto la simulación del segundo caso.

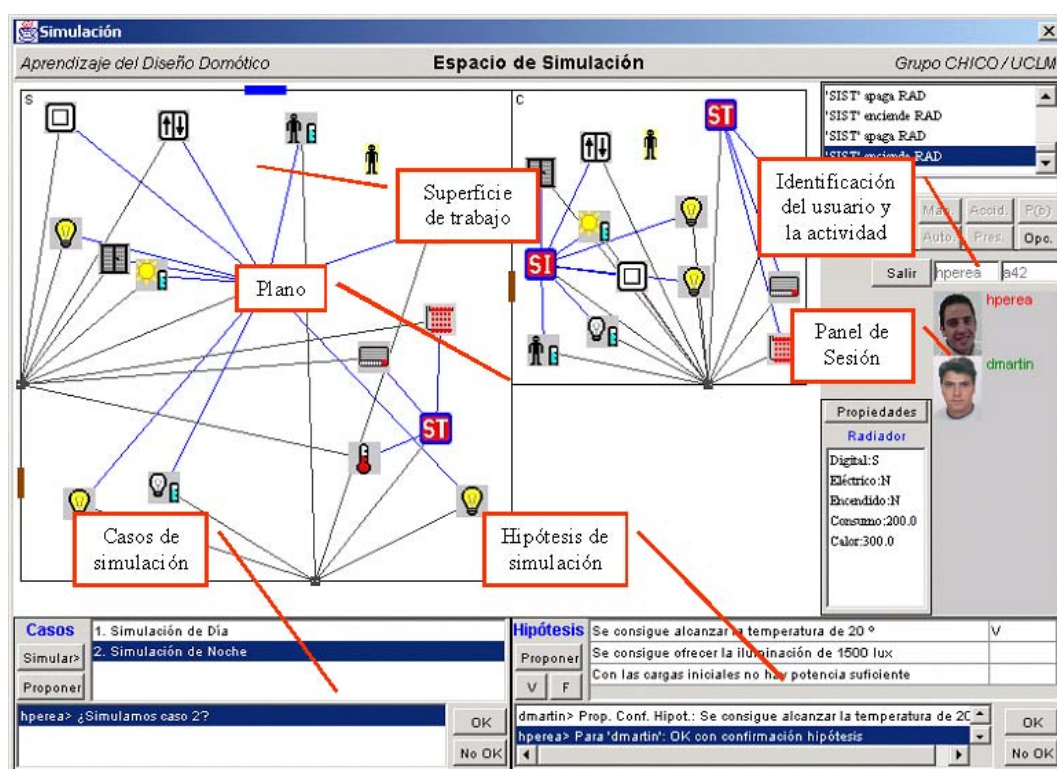


Figura IV.59. Subespacio de Casos e Hipótesis de DomoSim-TPC.

Las hipótesis son generales a la experimentación, no estando relacionadas con los casos de simulación; es decir, casos e hipótesis son independientes. No obstante pueden pensarse e introducirse hipótesis concretas para ser utilizadas en casos específicos. Los casos ayudan a cubrir diferentes comportamientos, pero estos comportamientos deben estudiarse desde las hipótesis, estudiándose si éstas se cumplen o no, lo que ayuda a descubrir determinados sucesos y sus causas. El problema puede incorporar hipótesis que actúan como pistas para los alumnos, pero lo más interesante es que éstos aprendan a utilizarlas, que añadan nuevas hipótesis relacionadas con acontecimientos o situaciones significativas en el problema y que comprueben su verificación durante la experimentación. La verificación se comprueba experimentalmente durante la simulación, y se anota siguiendo el grafo conversacional descrito (figura IV.58). De la misma manera que con los casos, la verificación de todas las hipótesis, ya sea positiva o no, se tiene en cuenta en el análisis de la solución, en concreto en la variable OS del análisis cualitativo. En la figura puede verse la hipótesis que ha propuesto el usuario *hperea* (la tercera, las dos primeras las incorpora el problema). Nótese cómo hay dos hipótesis que están todavía pendientes de verificación, lo que se indicará con una V (verdad) o una F a la derecha de la hipótesis en la tabla que las contiene.

Como el subespacio de Casos e Hipótesis se utiliza para una tarea muy específica que incorpora sus propios mecanismos de colaboración no se ofrecen herramientas de comunicación y coordinación. La interacción se basa en el Modelo Objeto-Acción, pero en este caso no se trabaja con una pizarra e iconos sino con formularios, que representan objetos, y botones, que representan acciones. Como funciones de *awareness* se ofrecen listas de interacciones, que muestran mensajes, y el Panel de Sesión con los nombres y fotografías de los participantes.

Desde el subespacio de Casos e Hipótesis también se puede regresar al de Diseño para realizar cambios en el modelo motivados por la observación y experimentación realizadas en la simulación, efectuándose un proceso por refinamientos sucesivos formado por fases de diseño y fases de simulación. Seleccionado un caso el grupo se traslada al subespacio de Simulación para contrastar la bondad de la solución experimentando el comportamiento del modelo.

Simulación colaborativa

Una vez se ha llegado al consenso a la hora de seleccionar un determinado caso se accede al subespacio de Simulación y comienza ésta (figura IV.60). Las diferentes partes de este subespacio de Simulación en el entorno DomoSim-TPC son las siguientes:

- Superficie de trabajo: Contiene el modelo y el plano.
- Panel de Sesión: Muestra la lista de participantes y el nombre del usuario que puede actuar sobre el modelo.
- Lista de Interacciones: Recoge los cambios experimentados por el modelo.
- Acciones de simulación: Botones que permiten efectuar acciones sobre el modelo, tales como encender/apagar, abrir/cerrar, etc.
- Panel de Finalización de la Simulación: Permite a un alumno proponer el final de la simulación y a los restantes alumnos manifestarse al respecto.
- Panel de Propiedades: Permite mostrar los valores de las propiedades de un operador.
- Entorno: Contiene información de simulación relativa a temperatura, iluminación, consumo y tiempo.
- Chat Dirigido: Para la comunicación en tiempo real.

Este subespacio, como el de Diseño, no estructura las acciones a desarrollar por los usuarios, permitiéndose una interacción más libre. El alumno que ha propuesto el caso que se simula es el que dirige las intervenciones, es decir, tiene el rol especial de líder y es el que puede interaccionar con el modelo simulado. Esto puede permitir un mecanismo de cambio de turno en las diferentes simulaciones que se realicen, ya que la asignación de turno queda establecida por el procedimiento de propuesta de caso. La aplicación también puede configurarse para ofrecer la posibilidad de que todos los participantes puedan intervenir al mismo tiempo durante la simulación. Esta alternativa introduce más desorden en la simulación que la primera, al aumentar las posibilidades de actuar sobre el modelo, y por ello se ha optado por incorporar el cambio de turno como opción por defecto. No obstante, la intervención de todos a la vez permite el descubrimiento directo de los efectos producidos por las propias acciones del alumno.

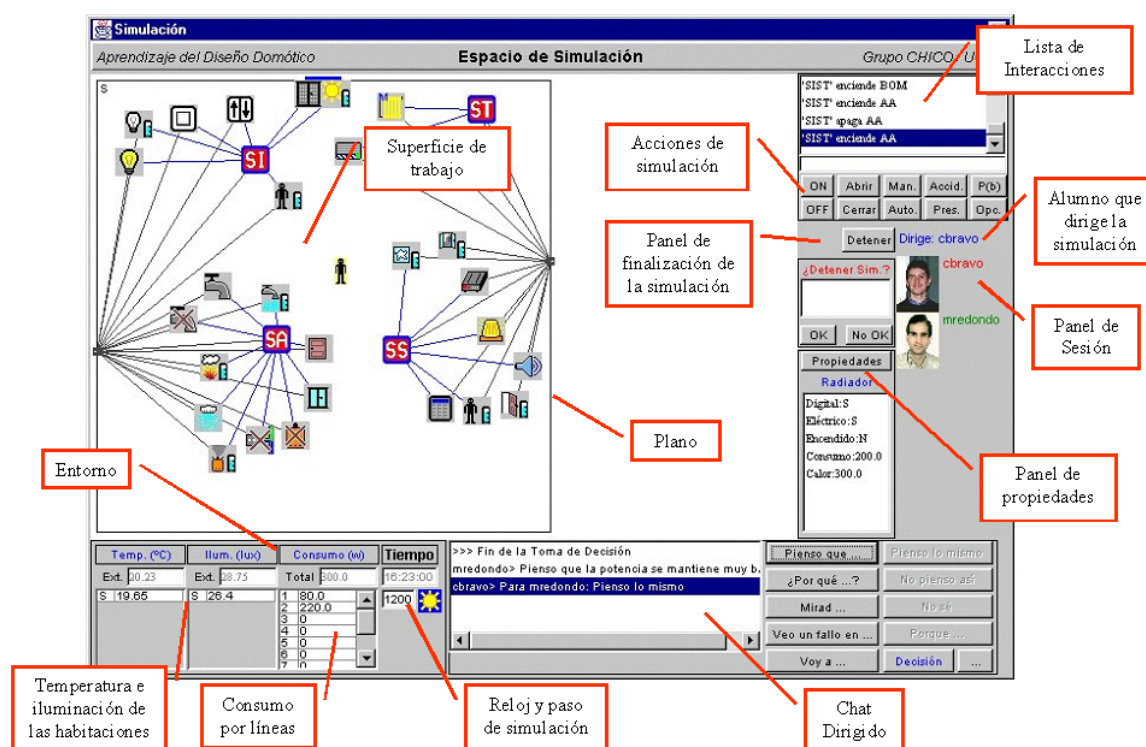


Figura IV.60. Subespacio de Simulación de DomoSim-TPC.

A las intervenciones que efectúa el líder (o cualquier otro alumno) se les llama acciones de simulación. Éstas consisten básicamente en alterar el comportamiento automático del modelo, es decir, de la vivienda automatizada, encendiendo o apagando operadores, abriendo o cerrando puertas, provocando accidentes, etc. La simulación de accidentes permite a los alumnos observar el comportamiento del modelo ante situaciones problemáticas para comprobar si reacciona como se espera. El procedimiento para efectuar una acción es seleccionar un objeto y pulsar algún botón para efectuar una acción de simulación. Todos los cambios de estado del modelo, ya sean los experimentados automáticamente por el modelo o los provocados por acciones de los alumnos, se reflejan inmediatamente en las pizarras de todos los participantes de manera gráfica y en las listas de interacciones de manera textual, haciendo que el espacio de experimentación esté disponible a todos los participantes en la misma vista, algo esencial según van Joolingen (2000).



Figura IV.61. Panel de Finalización de la Simulación.

Los usuarios de tipo profesor disponen del botón *Pausa* (figura IV.61) para detener momentáneamente la simulación, por ejemplo, para proponer una pregunta, provocar una reflexión, etc., y continuar después con la simulación. Hay que resaltar que el profesor también puede intervenir durante la simulación con cualquier acción de simulación, lo que unido a la posibilidad de detenerla ofrece interesantes posibilidades. Esto permitiría la

tutorización del profesor durante la simulación, que puede mediar en el aprendizaje de los estudiantes. La función de pausa no está disponible para los alumnos.

Durante la simulación, tanto profesores como alumnos pueden discutir y tomar decisiones mediante las herramientas de comunicación y coordinación, y pueden proponer la finalización de la experimentación con el botón *Detener* del Panel de Finalización de la Simulación. Al terminar la simulación se accederá, nuevamente, al subespacio de Casos e Hipótesis.

En la anterior figura IV.60 puede verse la simulación de un modelo domótico, formado por cuatro subsistemas, diseñado sobre un plano con una única habitación. Puede apreciarse una bombilla encendida, una persiana bajada, una persona en la habitación, etc. En el panel correspondiente al entorno puede verse la temperatura e iluminación del salón, así como los consumos actuales de las dos líneas de carga. El paso de simulación está fijado en 1200 segundos, y el reloj muestra la hora actual. En la Lista de Interacciones aparecen mensajes que informan de actuaciones automáticas de los sistemas reguladores. El Panel de Propiedades muestra el estado de un radiador. Los usuarios *cbravo* y *mredondo* han intercambiado mensajes durante la simulación mediante el Chat Dirigido.

Para conocer más concretamente el funcionamiento del simulador colaborativo de DomoSim-TPC puede consultarse el manual de usuario.

Modelo Estructural de la Simulación

Los subespacios de Casos e Hipótesis y de Simulación quedan modelados con las clases *Subespacio Casos e Hipótesis* y *Subespacio Simulación* (figura IV.62). Ambas contienen información del usuario y de la actividad. Están asociadas con los datos del problema (clase *Problema*) y los valores de los parámetros (*Solución Problema*), con el Panel de Sesión y con la Pizarra Electrónica, que contiene el modelo diseñado representado como una colección de componentes tal y como se describe en el Modelo Estructural del Diseño.

El subespacio de Casos e Hipótesis está constituido por varios casos, de los que se almacena su número y un texto, y varias hipótesis, de las que se recoge su texto y si se verifican. En el subespacio de Simulación están disponibles el Chat Dirigido y el Panel de Entorno, representado por la clase *Entorno*. Este último contiene los atributos necesarios para simular las condiciones de la vivienda y del exterior, tales como temperaturas, iluminaciones, consumos e información del tiempo de simulación.

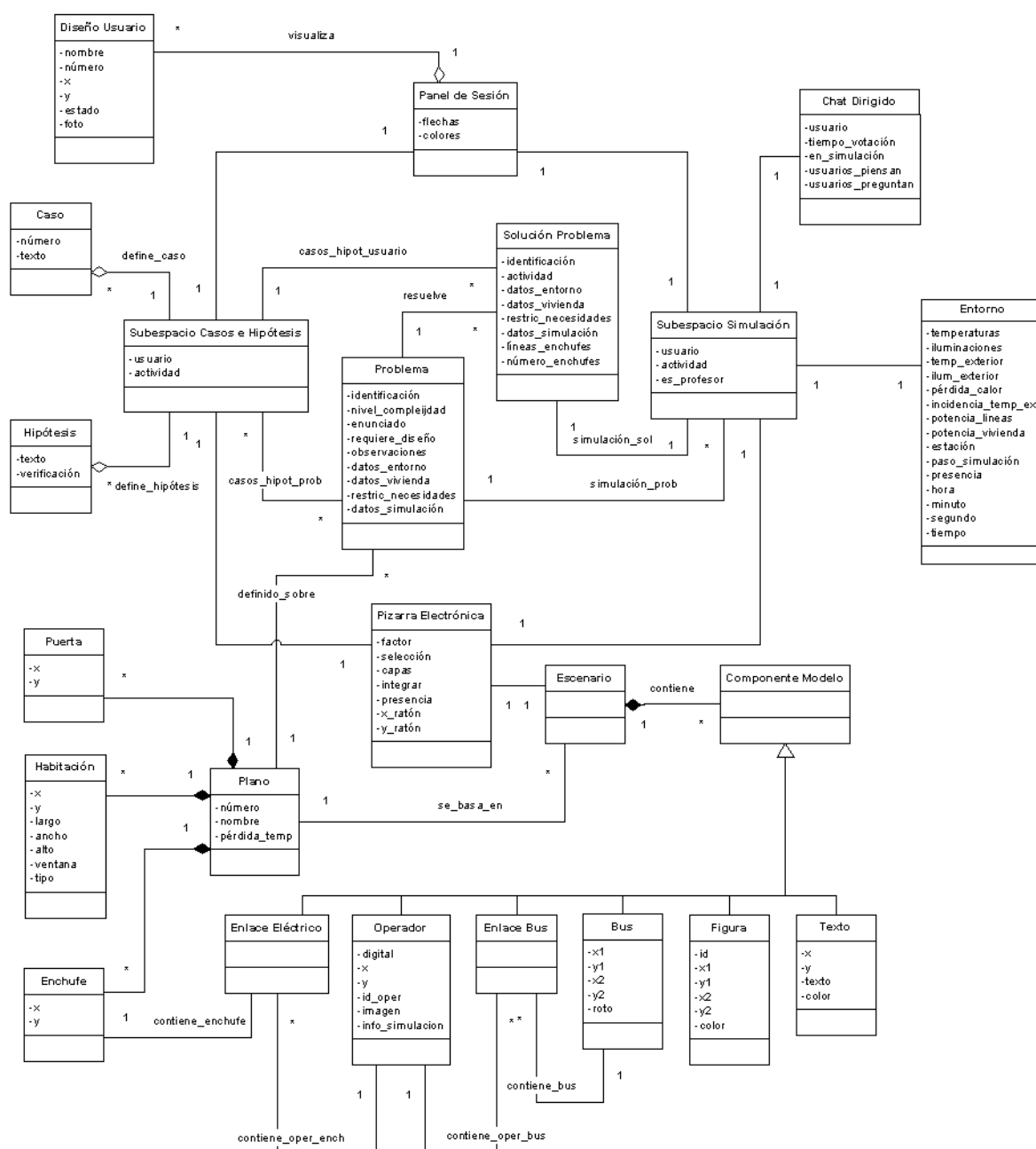


Figura IV.62. Modelo Estructural de la Simulación.

IV.4.9. Asistencia durante el proceso de diseño

Para guiar y asistir a los alumnos en su proceso de resolución de problemas, un entorno colaborativo debe disponer de un agente o asistente que muestre mensajes de ayuda en función del contexto y que resuelva conflictos. Constantino-González et al (2001) han desarrollado en COLER un agente pedagógico que fomenta la discusión y participación entre los estudiantes durante la resolución colaborativa de problemas. Este agente observa las acciones y la participación de los usuarios en el espacio de trabajo compartido y en las discusiones con el chat, y en función de esta información decide si debe ofrecer su consejo. Este asistente requiere un conocimiento mínimo del dominio y del problema para la detección de oportunidades de aprendizaje. Los consejos que se ofrecen en COLER

pertenecen a siete categorías, y para cada categoría se definen y clasifican varios tipos de mensajes. El sistema HabiPro (Vizcaíno, 2001) también dispone de un agente que asiste y ayuda, ofreciendo consejos, en el aprendizaje de buenos hábitos de programación. Para ofrecer esta asistencia el agente simula ser un compañero del alumno que resuelve el problema. En PlanEdit (Redondo et al, 2002), la Herramienta de Planificación complementaria con la Herramienta de Diseño y Simulación de DomoSim-TPC, se realiza un seguimiento de la estrategia de resolución que el alumno va trazando para determinar si se va acercando a una buena solución. El sistema emite avisos de ayuda y refuerzo con el propósito de transmitir al alumno los errores que está cometiendo y conducirlo hacia una mejor solución.

En DomoSim-TPC se ha incorporado un pequeño asistente que obedece a una visión más simple que los agentes pedagógicos de COLER, HabiPro y PlanEdit, y que muestra sugerencias y asiste en la resolución de conflictos. En la tabla IV.16 se muestra el número de mensajes que se visualizan en función del nivel de ayuda de la actividad. Normalmente, este nivel de ayuda se combina con el nivel de complejidad de los problemas, lo que permite *scaffolding* de actividades: a mayor conocimiento del que aprende (que afronta problemas más complejos), menos ayuda ofrece el sistema, y a menor conocimiento, más ayuda se ofrece.

Subespacio	Nivel de ayuda de la actividad		
	Alto	Medio	Bajo
Reparto de Tareas	1	1	0
Parametrización	1	0	0
Diseño	10	5	2

Tabla IV.16. Número de mensajes de ayuda en función del subespacio de trabajo y el nivel de ayuda.

Los mensajes se han agrupado por subespacios de trabajo. La mayoría de ellos se utilizan para advertir sobre problemas detectados por el asistente de acuerdo a la información que tiene sobre el dominio y sobre el problema. Los mensajes se muestran al efectuar la transición entre subespacios: los de Reparto de Tareas al desplazarse al Diseño, los de Parametrización al desplazarse al Diseño y los de Diseño al desplazarse a la Simulación.

En el Manual de Usuario de DomoSim-TPC se ofrece una tabla que concreta los mensajes que se muestran, en función del nivel de ayuda de la actividad, en cada subespacio de trabajo. En la figura IV.63 puede verse un ejemplo de pantalla de sugerencias.

Otra función de este pequeño asistente es la de apoyar en la resolución de conflictos, en concreto cuando una vez repartidas las tareas cada usuario realiza un diseño individual que debe ser integrado con el de los compañeros. Cuando se alcanza un tiempo límite (inicialmente está fijado para 300 segundos) el asistente lanza la orden de integración en nombre del usuario. Esto permite que el trabajo del grupo no quede bloqueado permanentemente esperando la integración de algún usuario.

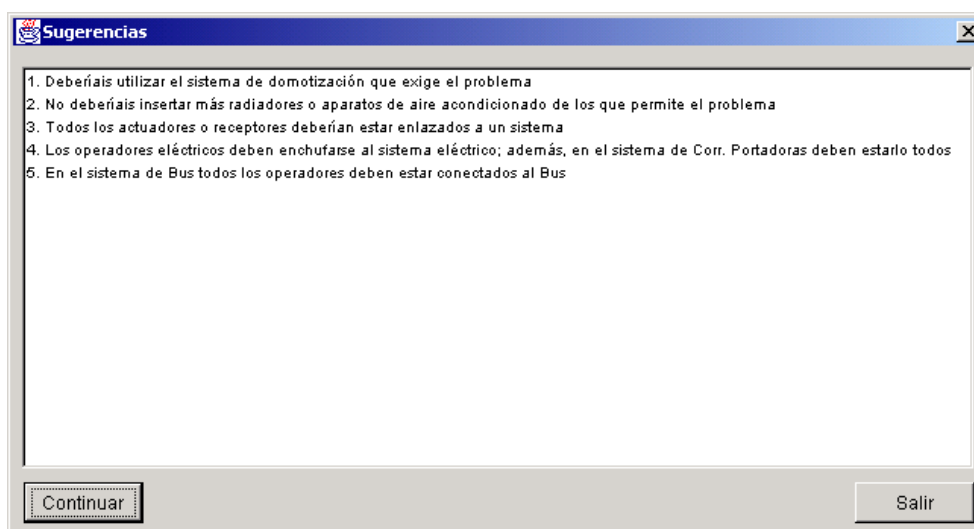


Figura IV.63. Ventana de sugerencias en DomoSim-TPC.

IV.5. Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades

Este subsistema supone una propuesta para el análisis de la actividad desarrollada por un grupo de usuarios durante su aprendizaje colaborativo, centrándonos en situaciones de interacción en tiempo real. Para ello, una vez caracterizada la situación actual en cuanto a estrategias y procedimientos de análisis, se presentará la propuesta incorporada en DomoSim-TPC. Se comenzará mostrando las trazas como elemento fundamental sobre el que generar información de análisis. La solución a un problema construida por los alumnos es importante para valorar la consecución de los objetivos y porque permite provocar el aprendizaje durante la simulación de los modelos. Pero en el aprendizaje también es importante el proceso que conduce a dicha solución. A continuación expondremos los procedimientos de análisis del proceso (basado en trazas) y de la solución. Ambos resultados en conjunto permitirán plantear una valoración de la actividad global efectuada por los estudiantes. Finalmente, se presenta una aproximación para la generación de conclusiones globales sobre la influencia que tiene el proceso desarrollado por el grupo sobre el resultado que genera, estrategia muy aplicable a los sistemas colaborativos en los que se construye un producto con propiedades medibles.

IV.5.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución

La mayoría de los estudios que afrontan el aprendizaje colaborativo con ordenadores no profundizan en un análisis detallado de la interacción que se produce, a pesar de que es importante analizar y estudiar la calidad de la interacción de manera rigurosa (Barbieri & Light, 1992). En esta sección se trata de dar respuesta a esta necesidad de estudio de la interacción en el proceso de resolución de problemas efectuado por los estudiantes, aspecto que se complementará con el análisis del producto construido durante dicho proceso, es decir, la solución al problema.

Para alcanzar este objetivo hay que tener en cuenta que toda la información que se recoja de una actividad realizada en colaboración es útil para ser estudiada automáticamente en diferentes momentos y desde diferentes perspectivas para, con ayuda del conocimiento necesario, generar conclusiones sobre las actitudes del grupo frente a la colaboración y sobre muchos otros aspectos. Todos los enfoques que tratan esta problemática realizan una primera fase de recolección de información, una posterior etapa de análisis de la información y una última fase de actuación con diferentes propósitos. Estas fases pueden realizarse secuencialmente o en paralelo, es decir, tanto el análisis como las diferentes actuaciones se puede efectuar a la vez que se recogen los datos significativos. Los diferentes planteamientos y sistemas coinciden en la necesidad de estructurar la información recogida para facilitar su tratamiento, pero en función del tipo de análisis que se efectúe y de las acciones a tomar se identifican tres tipos de sistemas (Jermann et al, 2001):

- Sistemas que reflejan acciones: Recogen datos de la interacción que se muestran a los colaboradores, a veces incluso presentando estos datos a lo largo del tiempo mediante representaciones adecuadas. Un ejemplo de sistema de este tipo es SIMPLE (Plaisant et al, 1999).
- Sistemas que monitorizan el estado de la interacción: Modelan el estado de la interacción y proporcionan a los colaboradores información que pueden utilizar para autodiagnosticar su interacción. A su vez, estos sistemas se clasifican en dos categorías: los que agrupan los datos de la interacción en variables de alto nivel y los visualizan a los participantes y los que comparan internamente el estado de la interacción con un modelo de interacción ideal. Sistemas de este tipo son EPSILON (Soller & Lesgold, 2000) y CARDBOARD (Muehlenbrock & Hoppe, 1999). El primero monitoriza patrones de comunicación entre los miembros del grupo y acciones de resolución de problemas, identificando situaciones en las que los estudiantes puedan compartir nuevo conocimiento de manera efectiva con sus compañeros mientras resuelven problemas de diseño orientado a objetos. El segundo se basa en el Análisis de la Colaboración Basado en Acciones para la detección de conflictos.
- Sistemas que ofrecen consejo o ayuda: También analizan el estado de la colaboración utilizando un modelo de interacción pero, en este caso, ofrecen consejo o ayuda intentando incrementar la efectividad del proceso de aprendizaje. En un sistema de este tipo, el tutor (*coach*) juega un rol similar al de un profesor en una clase de aprendizaje colaborativo. Este actor es responsable de guiar a los estudiantes hacia la colaboración efectiva y el aprendizaje. Este tipo de ayuda se puede suministrar durante el proceso efectuado, como es el caso de GRACILE (Ayala & Yano, 1998) y COLER (Constantino-González & Suthers, 2000), o posteriormente, como en DEGREE (Barros & Verdejo, 2000b).

Otra clasificación para los sistemas de análisis de los datos resultantes de una actividad de grupo se debe a Barros (1999), que caracteriza los sistemas dependiendo de los datos manejados y de la forma de interpretarlos:

- Sistemas que contabilizan elementos de interacción: Contabilizan elementos relativos a la interacción de los usuarios con el sistema, realizando un análisis cuantitativo de cada elemento por categorías y representando los resultados de forma tabular o gráfica. El sistema MFK (Hoadley & Hsi, 1993) es un ejemplo de sistema que realiza este tipo de estudios. Por su parte, C-CHENE (Baker & Lund, 1997; Lund et al, 1996) almacena la información de la interacción con los usuarios de forma estructurada y la organiza como un conjunto fijo de categorías predefinidas de actos comunicativos (sin utilizar ningún tipo de técnica de procesamiento del lenguaje natural).

- Sistemas que estudian el contenido de la información: En estos sistemas se transcriben y tipifican las intervenciones durante una conferencia electrónica, se estudia su contenido y, posteriormente, se sitúa en una compleja y detallada estructura jerárquica prefijada que permite describir las acciones de cada interlocutor y sus actitudes en la colaboración. Los trabajos realizados por Henri & Rigault (1996) son buenos ejemplos de estos sistemas. Otros trabajos son los realizados por Arnseth et al (2001), que utilizan el Análisis de la Conversación (Atkinson & Heritage, 1984; Hutchby & Woofitt, 1998) como recurso para analizar el aprendizaje colaborativo utilizando el sistema de *groupware* TeamWave, y los realizados por Adams & Atman (1999), que utilizan datos de protocolos verbales que pueden analizarse cuantitativamente y representarse gráficamente, e identifican categorías de codificación para actividades tanto de procesamiento de información como de decisión.
- Sistemas de inferencia sobre información estructurada: Aprovechan las ventajas que ofrece la estructuración de los sistemas, combinando estos datos con conocimiento externo para generar, mediante inferencia, conclusiones sobre el proceso de construcción de la solución a un problema en grupo y de la actitud de cada individuo frente a la colaboración. El objetivo es organizar la información de uso del sistema y explotar los datos que se recogen durante la realización de las tareas como material de estudio para saber cómo trabajan los grupos, para mejorar el diseño de las experiencias o para, a más largo plazo, contrastar los datos y obtener conclusiones genéricas sobre la colaboración y la cooperación.

Según Dillenbourg et al (1996), en el actual estado de la investigación, no está claro qué perspectiva teórica es más productiva para el análisis de las interacciones. Mandl & Renkl (1992) argumentan que deben desarrollarse teorías más cercanas al dominio y a las tareas específicas desarrolladas en el contexto de un sistema de CSCL. Los actuales sistemas de análisis se basan en diferentes técnicas como las siguientes:

- EPSILON registra los actos del habla y otras acciones de los estudiantes, y recopila ejemplos de compartición de conocimiento efectiva y no efectiva, construyendo dos Modelos Ocultos de Markov que describen la interacción de los estudiantes en ambos casos.
- CARDBOARD deriva descripciones de alto nivel de las actividades del grupo, incluyendo conflictos y coordinaciones, basado en una aproximación de reconocimiento de planes.
- En GRACILE se mantiene un modelo de usuario para cada uno de los estudiantes y se utilizan mecanismos de Sistemas Expertos Basados en Reglas.
- COLER utiliza Árboles de Decisión para tutorizar y guiar el aprendizaje colaborativo de los estudiantes.
- Group Leader (McManus & Aiken, 1995) se basa en Máquinas de Estados Finitos para inferir el estado de la interacción comparando las secuencias de actos de comunicación a uno de los cuatro posibles estados.
- DEGREE utiliza la inferencia basada en la Lógica Difusa (*Fuzzy Logic*) para definir un conjunto de atributos que caracterizan la interacción.

Aplicando el método de Barros (1999) para el análisis de un proceso de colaboración asíncrona, desarrollaremos un sistema de análisis del proceso de resolución colaborativa síncrona de problemas que analiza también el resultado de dicho proceso colaborativo. Según esta autora, en la realización de tareas cooperativas es interesante tanto el resultado como el proceso que permite llegar hasta él. Entendemos el resultado como el producto generado que, en el caso de estudio que nos ocupa, será un modelo de objetos.

El Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades será el encargado de efectuar este tipo de estudios en el entorno DomoSim-TPC. Se encuadra en el Nivel de Análisis y sus herramientas serán utilizadas por profesores y alumnos en el espacio de trabajo de Monitorización y Análisis. Recibe este nombre porque los datos de análisis pueden servir para evaluar la actividad una vez efectuada o para monitorizarla, por parte del profesor, durante su desarrollo. De acuerdo a la clasificación de Jermann et al (2001) puede verse como un sistema que refleja acciones y que monitoriza el estado de la interacción, y de acuerdo a la propuesta de Barros (1999) puede verse tanto como un sistema que contabiliza elementos relativos a la interacción de los usuarios con el sistema como un sistema que genera conclusiones sobre el proceso de colaboración y la solución obtenida para un problema en grupo mediante inferencia. Hay que indicar que en ningún caso se estudia el contenido de las interacciones comunicativas de carácter textual.

Por tanto, este subsistema se basa en ideas y técnicas como las siguientes:

- Recogida y presentación de trazas de interacción.
- Estudio tanto del proceso como del resultado, de forma independiente y de manera conjunta.
- Utilización de la inferencia basada en Lógica Difusa para derivar información de análisis.
- Plantea un método para la extracción de conclusiones sobre la influencia del proceso en el resultado o producto de este proceso.

Cuenta con dos herramientas: Herramienta de Consulta de Trazas y Herramienta de Análisis. La primera muestra, sin procesar, las interacciones recogidas (trazas) en una tabla que permite ordenar y filtrar esta información. La segunda se organiza en varios módulos, seleccionables mediante pestañas, que permiten realizar los siguientes tipos de análisis:

- Análisis del proceso: Estudia el proceso desde diferentes perspectivas. En función de los tipos de variables empleadas se realizan dos análisis:
 - Cuantitativo: Permite representar información numérica de manera textual, tabular y gráfica.
 - Cualitativo: Representa las variables cualitativas obtenidas de manera textual y gráfica.
- Análisis del producto: Este producto es el modelo que representa la solución y puede estudiarse también desde los puntos de vista cuantitativo y cualitativo.
- Análisis conjunto proceso-producto: Sintetiza la información arrojada por los anteriores dos tipos de análisis.

Por tanto, se proponen un análisis del proceso, un análisis complementario de la solución y un análisis conjunto. La información de entrada para estos tipos de análisis se obtiene de dos fuentes: (1) la generada por el Subsistema de Diseño y Simulación en el Nivel de Experiencia, en forma de trazas cronológicas y de un modelo de datos que constituye el diseño construido por los alumnos como solución al problema, y (2) de diferentes datos procedentes de la actividad y del problema definidos con el Subsistema Gestor de Actividades en el Nivel de Organización (figura IV.64).

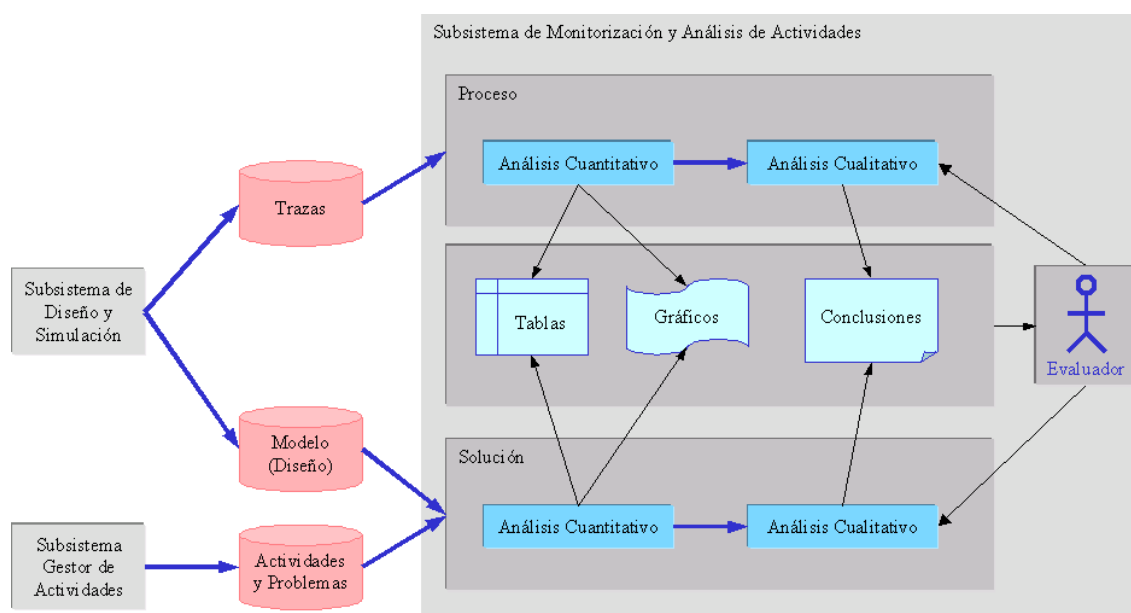


Figura IV.64. Esquema general del procedimiento de análisis.

Las trazas son la base del análisis del proceso, y el modelo de diseño junto con la definición del problema y de la actividad sustentan el análisis de la solución. El estudio cuantitativo de ambos tipos de análisis genera información en forma de tablas y gráficos. El estudio cualitativo genera conclusiones empleando variables calculadas y subjetivas para obtener variables inferidas mediante un algoritmo de inferencia difuso basado en reglas. Las variables y las reglas se han establecido y ajustado experimentalmente y subjetivamente a lo largo de la evaluación formativa que ha tenido el sistema por parte de los expertos y profesores.

IV.5.2. Trazas como base para el análisis de experiencias

Podemos definir una traza como el registro de la interacción del usuario en un sistema colaborativo. La revisión de estos eventos ha demostrado su utilidad en muchos dominios, incluidas las herramientas de diseño asistidas por ordenador (Donath et al, 1999). En una situación de aprendizaje colaborativo, ofrecer a los aprendices un registro de sus acciones puede ayudarles a monitorizar su comportamiento, reflexionar sobre su progreso y experimentar con revisiones de sus experiencias (Carroll et al, 1996); también pueden comentar el proceso con compañeros y profesores.

Según Plaisant et al (1999), las trazas de aprendizaje parecen especialmente interesantes en las simulaciones, donde la secuenciación y temporalización de las acciones puede tener un efecto dramático en el mundo simulado, por ejemplo en una fabricación o proceso químico. La aproximación tratada en DomoSim-TPC consiste en hacer que el registro de acciones esté disponible al usuario.

Las trazas son almacenadas de manera centralizada por el SGBD. DomoSim-TPC recoge trazas respecto a las tareas de Comunicación y Coordinación, Reparto de Tareas, Parametrización, Diseño, Simulación y Casos e Hipótesis. Además de utilizarse para mostrar la historia del proceso colaborativo, estas trazas son la base para el análisis cuantitativo y cualitativo. La herramienta que permite mostrarlas se denomina Herramienta de Consulta de Trazas (figura IV.65).

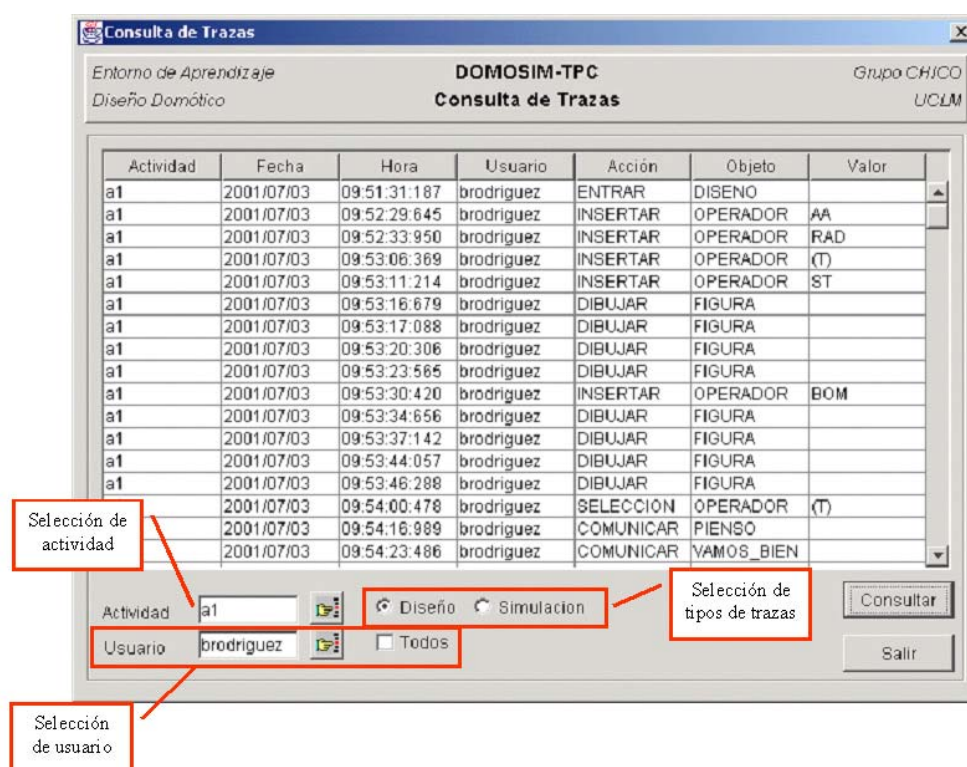


Figura IV.65. Consulta de Trazas de DomoSim-TPC: Trazas de Diseño.

En la figura IV.65 puede verse una consulta de trazas relativas a la actividad *a1* y al usuario *brodriguez*. La herramienta permite mostrar tanto las acciones de un único usuario como las de todos los que han intervenido en la actividad. Las acciones se muestran cronológicamente. Junto con la fecha de la acción se recoge la hora, con el detalle de los milisegundos; es necesario tanto detalle porque la interacción se produce de manera concurrente, por el carácter de colaboración en tiempo real, y es preciso poder ordenar en el tiempo las interacciones. Además de la acción, que se almacena de manera textual, se recoge el objeto sobre el que se realiza y un valor que se utiliza en determinadas interacciones. Para la categorización de los tipos de acciones se ha elegido un nivel de granularidad suficiente para los propósitos del análisis. Estas categorías se han identificado por tareas, teniéndose en el Diseño acciones como INSERTAR, ENLAZAR, PARAMETRIZAR..., y en la simulación se realizan acciones como ABRIR, ENCENDER, PAUSA... En la consulta pueden elegirse trazas de diseño, relativas a las tareas de Reparto de Tareas, Parametrización y Diseño, y trazas de simulación, relativas a los subespacios de Casos e Hipótesis y de Simulación. En la figura IV.66 puede verse un ejemplo de consulta de este último tipo. Es de destacar que en las interacciones de simulación experimentadas por el propio modelo sin intervención de los usuarios la columna Usuario no contiene ningún nombre de usuario.

Consulta de Trazas									
Entorno de Aprendizaje			DOMOSIM-TPC				Grupo CHICO		
Diseño Domótico			Consulta de Trazas				UCLM		
Actividad	Fecha	Hora	Caso Sim.	H. Sim.	Usuario	Acción	Objeto	Valor	
a46	2001/07/20	11:07:08...	2	20:35:40		ENCEND...	OPERAD...	RAD(434...	
a46	2001/07/20	11:07:09...	2	22:09:00		APAGAR	OPERAD...	RAD(297...	
a46	2001/07/20	11:07:09...	2	22:09:00		APAGAR	OPERAD...	RAD(240...	
a46	2001/07/20	11:07:09...	2	22:09:00		APAGAR	OPERAD...	RAD(86,2...	
a46	2001/07/20	11:07:09...	2	22:09:00	lvdoming...	PROPON...	SIM_STOP		
a46	2001/07/20	11:07:13...	2	02:49:00	fantequera	PROPON...	SIM_STOP		
a46	2001/07/20	11:07:14...	2	05:55:40		APAGAR	OPERAD...	RAD(434...	
a46	2001/07/20	11:07:14...	2	05:55:40		ENCEND...	OPERAD...	RAD(86,2...	
a46	2001/07/20	11:07:14...	2	05:55:40		ENCEND...	OPERAD...	RAD(240...	
a46	2001/07/20	11:07:14...	2	05:55:40		ENCEND...	OPERAD...	RAD(297...	
a46	2001/07/20	11:07:16...	2	07:29:00	fantequera	PROPON...	SIM_STOP		
a46	2001/07/20	11:07:16...	2	09:02:20		APAGAR	OPERAD...	RAD(86,2...	
a46	2001/07/20	11:07:16...	2	09:02:20		APAGAR	OPERAD...	RAD(240...	
a46	2001/07/20	11:07:16...	2	09:02:20		APAGAR	OPERAD...	RAD(297...	
a46	2001/07/20	11:07:18...	2	12:09:00		ENCEND...	OPERAD...	RAD(434...	
a46	2001/07/20	11:07:18...	2	12:09:00	fantequera	PROPON...	SIM_STOP		
a46	2001/07/20	11:07:20...	2	13:42:20	lvdoming...	SIM_STOP			

Figura IV.66. Consulta de Trazas de DomoSim-TPC: Trazas de Simulación.

IV.5.3. Análisis del proceso

A partir de información recogida procedente de la interacción de los usuarios durante una experiencia y de la propia definición de la actividad y del problema, se ofrecen métodos de análisis cuantitativo y cualitativo de la forma de trabajar del grupo y del proceso que permite llegar al resultado común. La interacción de los usuarios con el sistema, o entre ellos mediada por el sistema, se realiza mediante acciones relativas al dominio (insertar, enlazar...) o de coordinación y comunicación.

Estos métodos ofrecerán una perspectiva para revisar y valorar las actitudes de los usuarios durante el trabajo en grupo, pero también suponen una fuente de información para que los profesores evalúen la adecuación entre los objetivos de aprendizaje, las actividades de resolución de problemas que se han propuesto para alcanzarlos y lo que realmente se ha producido en la práctica.

Numerosos trabajos (Lahti et al, 2001; Baker & Lund, 1996; Barros, 1999; Barros & Verdejo, 2000a) se centran en el estudio, a nivel de análisis, del proceso efectuado en la construcción de un producto (diseño de un artefacto, producción de un documento, etc.). En algunos casos identifican dos tipos de análisis (cuantitativo y cualitativo) para estudiar la interacción (Adams & Atman, 1999; Barros, 1999; Barros & Verdejo, 2000a). El análisis que proponemos, que es una aproximación para caracterizar procesos de colaboración para el modelado y simulación, ofrece dos maneras de estudiar la información recogida. El primer método consiste en consultar variables cuantitativas representadas de forma textual y gráfica. En el segundo método se definen un conjunto de variables de entrada y los procedimientos para generar variables de salida. Las variables serán de tipo cualitativo y se utilizará la inferencia difusa para la generación de conclusiones. Estos métodos se presentan a continuación.

Análisis cuantitativo

Este tipo de análisis permite revisar la actividad de los usuarios durante la resolución de problemas mediante un tratamiento estadístico de la interacción. La información recopilada puede mostrarse de diferentes formas: de manera textual, en forma tabular y gráficamente. Las variables computadas en este análisis, junto con otros cálculos, serán la base para el análisis cualitativo.

Visualización textual

Esta posibilidad consiste en mostrar la interacción de los usuarios de manera cronológica, utilizando para ello una tabla de datos. Se corresponde con la Herramienta de Consulta de Trazas presentada con anterioridad. Se admiten filtros por usuario, actividad y tipo de interacción (diseño y simulación). Algunos sistemas como SIMPLE, LESP y DEGREE presentan la información de la interacción para su estudio y revisión de manera muy similar a como se hace en DomoSim-TPC.

Visualización tabular

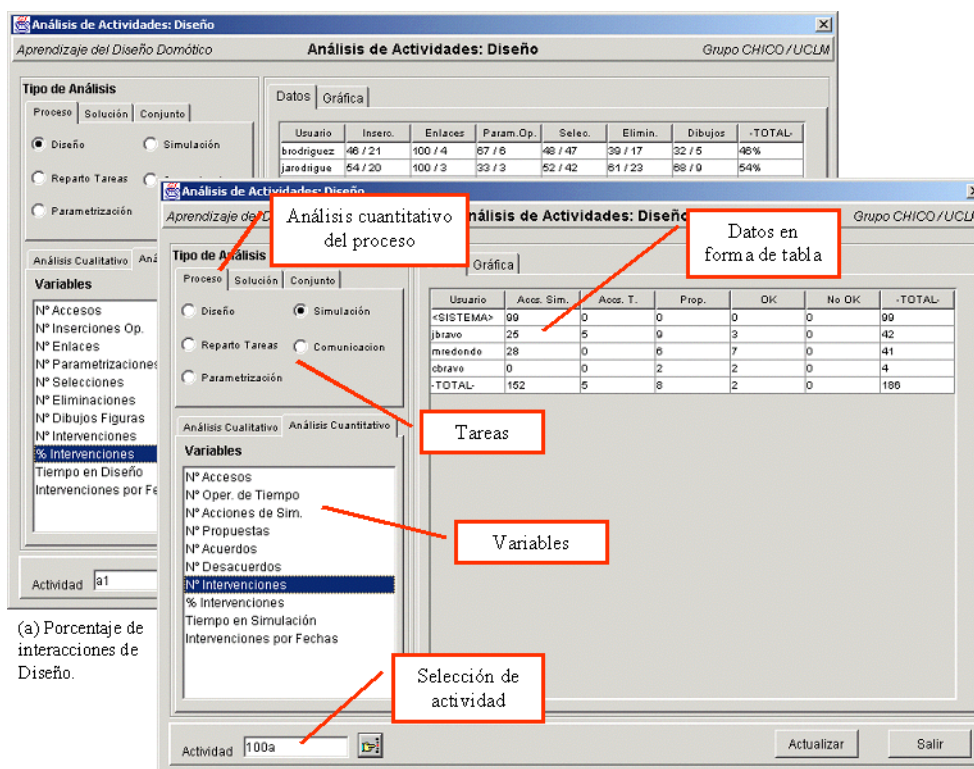
La información anterior se muestra sin realizar ningún tipo de agrupamiento, totalización, ni cálculo estadístico. En la visualización tabular la información se muestra transformada, ofreciéndose una serie de consultas predefinidas para las diferentes tareas seguidas por los usuarios. Las consultas consisten en el cálculo de variables numéricas totalizadas por tipos de interacciones y usuarios.

Teniendo presente que las consultas disponibles se han asociado a las diferentes tareas, que se corresponden con los subespacios de trabajo (Reparto de Tareas, Parametrización, Diseño, Simulación y Comunicación), en general se tienen los siguientes tipos:

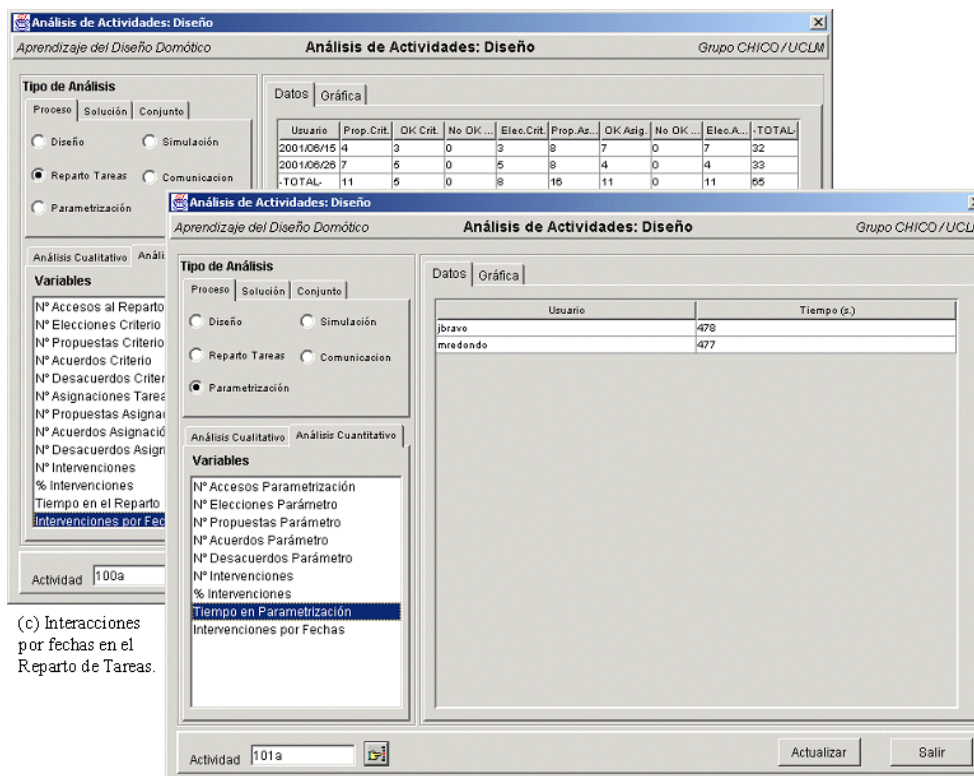
- Número total de accesos a la tarea por usuario (Acc): Recoge el número de veces que ha accedido el usuario a la tarea y el total de accesos.
- Número total de interacciones de un tipo por usuario (Int): Calcula el número total de interacciones de cierto tipo que ha efectuado cada usuario.
- Número de interacciones por usuarios y tipos (Glob): Totaliza las interacciones agrupándolas por tipos y usuarios (figura IV.67.b).
- Porcentaje de interacciones por usuarios y tipos (Porc): Realiza el mismo cálculo que en el caso anterior pero en porcentaje (figura IV.67.a).
- Tiempo de realización de la tarea (T): Contabiliza los segundos invertidos en la realización de la tarea por cada usuario (figura IV.67.d).
- Número total de interacciones por fechas (Fech): Recoge las interacciones efectuadas agrupadas por días de trabajo y usuarios (figura IV.67.c).

La Herramienta de Análisis de DomoSim-TPC es una herramienta global utilizable en todo el análisis, cubriendo el proceso, la solución y la relación entre ambos (figura IV.67). El análisis se realiza para una actividad concreta, que puede seleccionarse en el campo de texto correspondiente. Puede elegirse el tipo de análisis (proceso, solución o conjunto) y el tipo de variables a visualizar (cuantitativas o cualitativas); para cada tipo se muestra una

lista de las que se pueden consultar, que puede depender de la tarea en el caso del análisis del proceso.



(b) Número de interacciones de Simulación.



(d) Tiempos en la tarea de la Parametrización.

Figura IV.67. Algunos ejemplos de variables de análisis cuantitativo del proceso en representación tabular.

En la figura IV.67 pueden verse algunos ejemplos de consultas. La parte (a) de la figura muestra las interacciones de diseño en porcentaje; aparecen totalizadas por usuario y tipo de interacción. Para cada usuario y tipo de tarea se muestran dos porcentajes en el formato x / y . El primero es el porcentaje total de interacciones del tipo indicado que ha efectuado el usuario, mientras que el segundo es el porcentaje que significa esta interacción en el conjunto de interacciones que ha efectuado el usuario. La parte (b) muestra las interacciones totales de la simulación. Éstas se refieren a acciones de simulación (encender, cerrar...), acciones relativas al tiempo (pausa, cambiar el paso de simulación...), propuestas (casos, hipótesis...), acuerdos y desacuerdos. La parte (c) muestra interacciones de reparto de tareas por fechas y la parte (d) los tiempos en segundos empleados en la tarea de Parametrización.

El detalle de todas las consultas disponibles se muestra en la tabla IV.17. Cada variable se muestra según indica la columna Tipo de Consulta, de acuerdo a la clasificación anterior.

Las informaciones obtenidas, convenientemente procesadas e interpretadas, permiten al evaluador, que suele ser el profesor, obtener datos interesantes como podrían ser los siguientes:

- Qué alumnos intervienen más y cuáles no intervienen.
- Cuál es la tarea en la que se invierte más tiempo; pudiéndose comparar estos tiempos entre tareas.
- Si los usuarios se implican en plantear criterios de reparto y asignar tareas.
- Si se producen muchos errores o correcciones de diseño (eliminaciones).
- Si se utilizan figuras gráficas (flechas, cruces, círculos, etc.) para ilustrar argumentos en el diseño.
- Qué acciones de simulación son las más empleadas.
- Qué tipo de mensaje de comunicación es el más empleado; lo que puede llevar a preguntarse si son acertados los actos de comunicación identificados para las diferentes tareas (diseño y simulación).
- En cuantas sesiones (días) se realizan las tareas.

Éstas y otras muchas preguntas son las que pueden ser planteadas. No obstante, el análisis cualitativo sintetizará esta información cuantitativa y otros datos para mostrar un estudio detallado y más dirigido de los resultados.

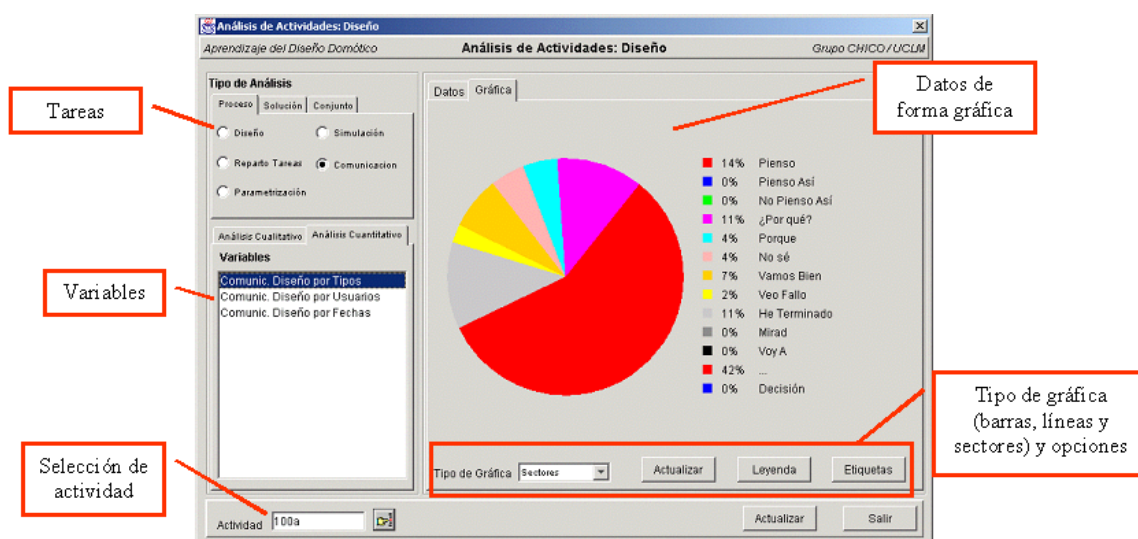
Tarea	Variables	Tipo de Consulta
Reparto de Tareas	Nº de accesos al Reparto	Acc
	Nº de elecciones de criterio	Int
	Nº de propuestas de criterio	Int
	Nº de acuerdos de criterio	Int
	Nº de desacuerdos de criterio	Int
	Nº de asignaciones de tarea	Int
	Nº de propuestas de asignación	Int
	Nº de acuerdos de asignación	Int
	Nº de desacuerdos de asignación	Int
	Nº de intervenciones	Glob
	% de intervenciones	Porc
	Tiempo en el reparto	T
	Intervenciones por fechas (figura IV.67.c)	Fech
Parametrización	Nº de accesos a la Parametrización	Acc
	Nº de elecciones de parámetro	Int
	Nº de propuestas de parámetro	Int
	Nº de acuerdos de parámetro	Int
	Nº de desacuerdos de parámetro	Int
	Nº de intervenciones	Glob
	% de intervenciones	Porc
	Tiempo en la parametrización (figura IV.67.d)	T
	Intervenciones por fechas	Fech
Diseño	Nº de accesos al Diseño	Acc
	Nº de inserciones de operador	Int
	Nº de inserciones de enlace	Int
	Nº de parametrizaciones	Int
	Nº de selecciones	Int
	Nº de eliminaciones	Int
	Nº de dibujos de figuras	Int
	Nº de intervenciones	Glob
	% de intervenciones (figura IV.67.a)	Porc
	Tiempo en el diseño	T
	Intervenciones por fechas	Fech
Simulación	Nº de accesos a la Simulación	Acc
	Nº de operaciones de tiempo	Int
	Nº de acciones de simulación	Int
	Nº de propuestas	Int
	Nº de acuerdos	Int
	Nº de desacuerdos	Int
	Nº de intervenciones (figura IV.67.b)	Glob
	% de intervenciones	Porc
	Tiempo en la simulación	T
	Intervenciones por fechas	Fech
Comunicación	Nº de comunicaciones	Glob
	% de comunicaciones	Porc
	Comunicaciones por fechas	Fech

Tabla IV.17. Detalle de variables en la visualización tabular del análisis cuantitativo.

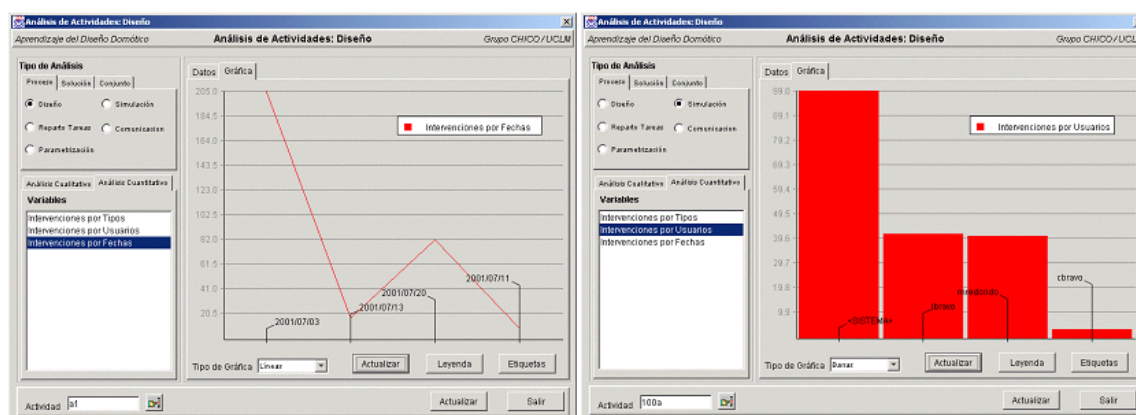
Visualización gráfica

La opción de visualización gráfica permite mostrar la información tabular en formato gráfico, utilizándose diagramas de barras (figura IV.68.c), de líneas (figura IV.68.b) y de sectores o tarta (figura IV.68.a). Estos gráficos cumplen el propósito de facilitar una rápida percepción y comprensión del proceso seguido en la resolución de un problema. La herramienta empleada es la misma que en la visualización tabular, y tan sólo es necesario seleccionar la pestaña de Gráfica en la parte derecha del panel que contiene los datos. Se ofrecen en este caso opciones para seleccionar el tipo de diagrama y para mostrar la leyenda de los datos y las etiquetas identificativas.

Las variables que se pueden presentar se corresponden con las disponibles en la visualización tabular, con la diferencia de que se prescinde de las que cuentan el número de interacciones de un único tipo, dado que son datos que ya quedan recogidos en el estudio global de interacciones. Por tanto, las posibilidades, para cada tipo de tarea, son tres: intervenciones por tipos (figura IV.68.a), intervenciones por usuarios (figura IV.68.c) e intervenciones por fechas (figura IV.68.b).



(a) Comunicaciones por tipos (sectores)



(b) Intervenciones de diseño por fechas (líneas)

(c) Intervenciones de simulación por usuarios (barras)

Figura IV.68. Algunos ejemplos de variables de análisis cuantitativo del proceso en representación gráfica.

En el ejemplo de la figura, la parte (a) muestra los mensajes de comunicación intercambiados por los usuarios agrupados por tipos. Puede comprobarse que el mensaje preferido (42 %) es el que permite la introducción de texto libre (...), seguido por el mensaje *Pienso que ...*. En la parte (b) se observa el número de interacciones de diseño por fechas mediante un gráfico de líneas. Y en la parte (c) aparece un diagrama de barras mostrando el número de interacciones de simulación por usuarios, incluyéndose el usuario sistema (<SISTEMA>).

Análisis cualitativo

El análisis cuantitativo deja mucho trabajo de interpretación, y también de cálculo, al evaluador. El análisis cualitativo supera esta dificultad y trata de ofrecer otra manera de analizar el proceso desarrollado tanto por cada individuo como por el grupo como un todo. Se basa en el estudio de las interacciones colaborativas de los usuarios realizadas en el transcurso de dicho proceso. La información de partida es el conjunto de trazas que, junto con la definición de la actividad (actividad, problema y plano), permitirán generar nuevos datos e inferir conclusiones.

Para realizar este análisis nos basamos en la propuesta de Barros (Barros, 1999; Barros & Verdejo, 2000b) para el análisis del trabajo de un grupo, identificando una serie de variables calculadas, subjetivas y generadas por inferencia. No obstante, el proceso que aquí se estudia es un proceso fundamentalmente de colaboración síncrona, frente al proceso en que se basan los planteamientos de Barros que es totalmente asíncrono. Por ello, se introducirán variables que darán mayor énfasis al tiempo, debido a que esta magnitud cobra relevancia en la situación de aprendizaje que supone el uso de DomoSim-TPC, en la que los alumnos colaboran en tiempo real.

El procedimiento de análisis cualitativo del proceso que se va a describir puede verse como una función que toma cierta información de entrada, formada por variables calculadas y subjetivas, y produce información de salida, en forma de variables inferidas. Estos tipos de variables se describen a continuación.

Variables calculadas

A partir de las interacciones efectuadas por los usuarios durante la resolución de problemas, recogidas en forma de trazas como se ha expuesto, se obtienen los valores que se indican en la tabla IV.18. La resolución de problemas de diseño es un proceso muy rico que arroja una gran cantidad de información de la que pueden extraerse multitud de variables diferentes. Por ello, éstas se han clasificado atendiendo al subespacio de trabajo en el que se producen las interacciones relacionadas, añadiendo las interacciones efectuadas con las herramientas de comunicación. A su vez, las variables se organizan en dos bloques: (1) las relativas al trabajo del grupo en el espacio compartido y (2) las relativas a un usuario individual trabajando en el seno de un grupo. Es decir, el proceso se puede estudiar prestando atención a los individuos dentro del grupo o estudiando el grupo como una unidad.

Subespacio	Trabajo del grupo	Trabajo individual
Reparto de Tareas	GNImRep, GIRep, GTTRep	UNIRep
Parámetros	GNImPar, GIPar, GTTPar	UNIPar
Diseño	GNImDis, GTTDis	UNIDis, UNOMO, UNMOA
Casos e Hipótesis	GNImCasHip, GICasHip, GTTCasHip	UNICasHip
Simulación	GNImSim, GTTSim, GIS	UNISim
Comunicación	---	UNMCE, UNMA, UNMI, UNMCI, UNMCG
TODOS	GNIm, GI, GTRm, GTT	UNTI, UNIP, UNPC, UNPOC, UNPR, URRP

Tabla IV.18. Variables calculadas del análisis cualitativo del proceso.

Llamaremos G al conjunto de las variables referidas al estudio del trabajo del grupo. Estas variables son las siguientes:

- Número medio de interacciones (GNIm): Número de interacciones efectuadas por los usuarios del grupo dividido por el número de usuarios del grupo. Este dato se puede obtener de manera global y también en relación a cada subespacio de trabajo (GNImRep, GNImPar, GNImDis, GNImCasHip, GNImSim).
- Interactividad del grupo (GI): Calcula el porcentaje de interacciones de proposición que fueron contestadas por un usuario distinto de su autor. Estas interacciones de proposición aparecen en los subespacios de Reparto de Tareas (GIRep), Parametrización (GIPar) y Casos e Hipótesis (GICasHip).
- Tiempo medio de respuesta (GTRm): Calcula el tiempo total empleado para responder a las propuestas dividido por el número de usuarios.
- Tiempo de realización de tareas (GTT): Se refiere al tiempo en segundos empleado por el grupo en los subespacios de Reparto de Tareas (GTTRep), Parametrización (GTTPar), Diseño (GTTDis), Casos e Hipótesis (GTTCasHip) y Simulación (GTTSim) para la realización de la tarea correspondiente. Estas variables permiten generar otras como el tiempo total empleado en el desarrollo de la actividad o los porcentajes de tiempo de permanencia en cada subespacio.
- Interactividad de simulación (GIS): Se refiere al porcentaje de interacciones de simulación que son efectuadas por los usuarios, frente al total de interacciones que incluyen las experimentadas por el propio modelo en su funcionamiento automático.

Se verifica lo siguiente:

$$GNI = GNImRep + GNImPar + GNImDis + GNImCasHip + GNImSim$$

$$GTT = GTTRep + GTTPar + GTTDis + GTTCasHip + GTTSim$$

Llamaremos U al conjunto de las variables referidas al estudio del trabajo de un individuo. Estas variables son las siguientes:

- Número total de interacciones (UNTI): Recoge el número total de interacciones que ha efectuado un usuario. Puede obtenerse por tareas (UNIRep, UNIPar, UNIDis, UNICasHip y UNISim).
- Número de propuestas (UNIP): Se refiere al total de interacciones de proposición efectuadas por un usuario.

- Porcentaje de propuestas contestadas (UNPC), de propuestas que otros contestaron (UNPOC) y de propuestas repetidas (UNPR): Es, respectivamente, el tanto por ciento de propuestas de otro autor que el usuario contestó, de propuestas que fueron contestadas por otro usuario distinto de su autor y de propuestas que se han efectuado más de una vez.
- Número de objetos manipulados por otros (UNOMO): Se refiere al número de objetos insertados por un usuario y eliminados, parametrizados, etc. por otro usuario.
- Número de manipulaciones sobre objetos ajenos (UNMOA): Cuenta el número de manipulaciones efectuadas por un usuario en objetos insertados por otro.
- Número total de mensajes de comunicación estructurada (UNMCE): Se refiere al número de mensajes enviados con el Chat Dirigido.
- Número de mensajes de argumentación (UNMA), de información (UNMI) y de control de la interacción (UNMCI): Los mensajes enviados con el Chat Dirigido pueden clasificarse en estas tres categorías.
- Número de mensajes del chat general (UNMCG): Mensajes enviados con el chat general disponible en DomoSim-TPC.
- Rapidez en la respuesta a las propuestas (URRP): Tiempo medio transcurrido desde la proposición a la respuesta (acuerdo o desacuerdo) del usuario.

Se verifica lo siguiente:

$$\text{UNTI} = \text{UNIPar} + \text{UNIDis} + \text{UNICasHip} + \text{UNISim}$$
$$\text{UNMCE} > \text{UNMA} + \text{UNMI} + \text{UNMCI}$$

Este conjunto de variables sirve para exponer el procedimiento de análisis del proceso que se ha planteado e implementado en DomoSim-TPC. Aunque, lógicamente, es susceptible de ampliación, reducción o modificación en función de los criterios y objetivos que se persigan.

Variables subjetivas

Siguiendo la propuesta de Barros (1999), el segundo tipo de variables se obtiene considerando el tipo de interacciones que se efectúan en cada subespacio de trabajo. A cada tipo de interacción se le asigna un valor en un rango entre -5 y 5 para cada variable. Este valor subjetivo es asignado por el evaluador, y podrá cambiarse para cada actividad. Las variables subjetivas se relacionan con las siguientes características:

- Iniciativa: Refleja el grado de participación e implicación del usuario en la realización de la tarea. Los alumnos que realizan propuestas, que se comunican, que diseñan o que participan en la simulación se consideran con más iniciativa que los que no lo hacen.
- Creatividad: Cuantifica el grado de originalidad y riqueza del tipo de interacción. Por ejemplo, un mensaje de argumentación conlleva mayor creatividad que un mensaje de control del diálogo.
- Elaboración: Mide la cantidad de trabajo, esfuerzo o tiempo que representa el tipo de interacción. Las acciones de dar acuerdos o desacuerdos no implican ninguna elaboración, mientras que un propuesta implica mayor trabajo.
- Conformidad: Representa el grado de acuerdo que una interacción implica en relación a aquella con la que está relacionada. Este tipo de interacciones son, exclusivamente, las que responden a las propuestas de los usuarios.

Un ejemplo de valores para las características anteriores se recoge en la tabla IV.19. Puede apreciarse que el número total de tipos de interacciones es sensiblemente mayor que

las que se han considerado. Los tipos identificados se han agrupado en estas categorías para no complicar en exceso el posterior cálculo. Esta categorización es susceptible de ampliarse con mayor grado de granularidad, pero entendemos que esto no introduciría mejoras significativas en los resultados del análisis.

Interacción	Iniciativa	Creatividad	Elaboración	Conformidad
Propuesta	5	5	5	0
Acuerdo	1	0	0	5
Desacuerdo	1	1	0	-5
Acción de simulación	5	4	4	0
Acción de diseño	5	5	3	0
Comunicación de argumentación	5	5	5	0
Comunicación de información	5	4	4	0
Comunicación de control del diálogo	5	3	3	0

Tabla IV.19. Valores para las variables subjetivas en el análisis del proceso.

En la figura IV.69 puede observarse la interfaz empleada en DomoSim-TPC para la definición de los valores asociados a las variables subjetivas para cada tipo de interacción. Puede comprobarse como los valores son totalmente configurables por parte del usuario encargado del análisis.

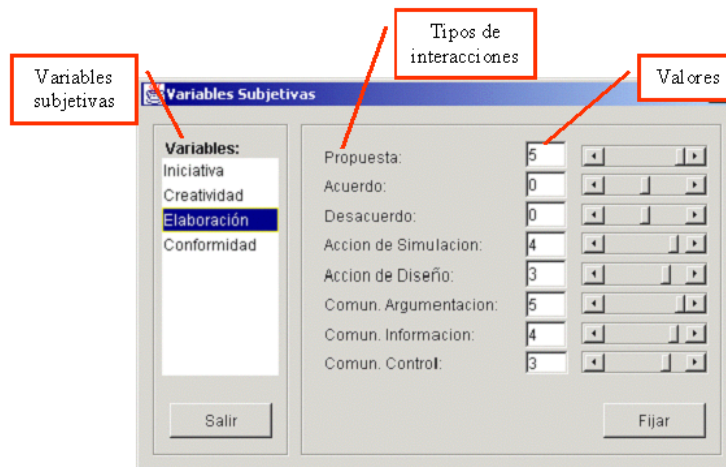


Figura IV.69. Asignación de valor a las variables subjetivas en el análisis cualitativo en DomoSim-TPC.

Se llamará VS al conjunto de estas variables subjetivas. Cada una de estas variables VS_k se calcula multiplicando el número de interacciones de cada tipo por el valor asignado al tipo de interacción. La fórmula que representa esta expresión es la siguiente:

$$VS_k = \sum_{i=1}^n I_i \cdot Val_{ik}$$

Siendo: n el número de tipos de interacción; I el número de interacciones total de cada tipo; $i=[\text{Propuesta, Acuerdo, Desacuerdo, Acción de Simulación, Acción de Diseño, Comunicación de Argumentación, Comunicación de Información, Comunicación de}$

Control]; $k=[\text{Iniciativa, Creatividad, Elaboración, Conformidad}]$; y Val_{ik} el valor de cada característica para cada tipo de interacción en el rango $(-5,5)$.

Variables inferidas

A partir de las variables anteriores pueden derivarse otras variables mediante un procedimiento de inferencia difusa. Basándonos en las variables inferidas tenidas en cuenta por Barros (1999) en su propuesta, las variables que se consideran para el análisis del grupo son las siguientes (VIG):

- Trabajo: Dedicación y cantidad de esfuerzo empleados por el grupo para la resolución del problema.
- Discusión: Da una indicación del grado de comunicación para la discusión que efectuó el grupo.
- Coordinación: Grado de comunicación e interacción para la orquestación de las actividades que hubo entre los miembros del grupo.
- Cooperación: Da una indicación del trabajo individual puesto al servicio del grupo para conseguir los objetivos de la actividad.
- Colaboración: Indica el grado de actitud colaborativa del grupo durante la realización de las tareas.
- Velocidad: Velocidad o grado de rapidez del grupo para desarrollar su trabajo.

Para el análisis cualitativo del trabajo llevado a cabo por un usuario se identifican las siguientes variables (VIU):

- Actitud: Disposición positiva del usuario para la consecución de las tareas de manera satisfactoria, de manera que se favorece el trabajo del grupo.
- Trabajo: Dedicación y cantidad de esfuerzo empleados por el individuo para la colaboración y la resolución del problema.
- Rapidez: Velocidad del individuo para desarrollar el trabajo.
- Potenciación de la discusión: Importancia y motivación dadas a la comunicación para el intercambio de ideas y la argumentación.
- Disposición a la colaboración: Actitud individual de colaboración para el desarrollo de las tareas.
- Modelado: Recoge el grado de trabajo de modelado, es decir, de operaciones de diseño del modelo, que ha realizado el individuo.

Denotaremos como VIG las variables inferidas relativas al grupo, y VIU las relativas a los usuarios estudiados individualmente. Cada una de estas variables toma valor en el conjunto {Muy Bajo, Bajo, Normal, Alto, Muy Alto}.

Procedimiento de inferencia difusa

En el proceso de inferencia difusa (*fuzzy*) de resultados se va a trabajar con las variables inferidas descritas anteriormente, que se modelan como un conjunto difuso compuesto por varias etiquetas lingüísticas que definen el dominio de la variable. En concreto, todas las variables estarán caracterizadas por un número fijo de cinco atributos que se corresponden con las siguientes etiquetas: Muy Bajo, Bajo, Normal, Alto y Muy Alto (que también podrían verse como Muy Malo, Malo, Normal, Bueno y Muy Bueno en

función del contexto o del tipo de variable). Para definir cada uno de estos atributos se utilizará un trapecio definido por cuatro valores (Cuena, 1995). Cada valor indica la proyección de un vértice sobre el eje X (figura IV.70), mientras que en el eje Y se sitúan los valores 0 y 1. Cada trapecio describe una función que indica, para un valor de X, el valor de Y correspondiente que indica el grado de cumplimiento del atributo.

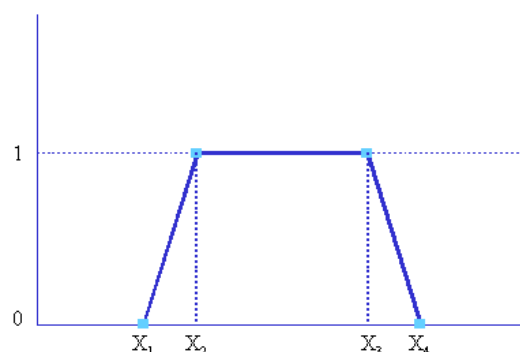


Figura IV.70. Caracterización de un atributo mediante cuatro valores.

Una vez definidas las variables difusas y las etiquetas lingüísticas, es necesario precisar los mecanismos que transformarán valores numéricos de las variables en valores para sus atributos y viceversa. Más concretamente, las operaciones necesarias son:

- **HacerDifuso:** Dado el valor numérico de una variable, obtiene para cada atributo el valor correspondiente según el área de trapecio que representa ese valor en el dominio de valores del conjunto.
- **DeshacerDifuso:** Funciona de manera inversa a la anterior, calculando el atributo que mejor se adapta al conjunto de valores para los atributos de una variable. El método elegido para efectuar esta operación es el del Centroide.

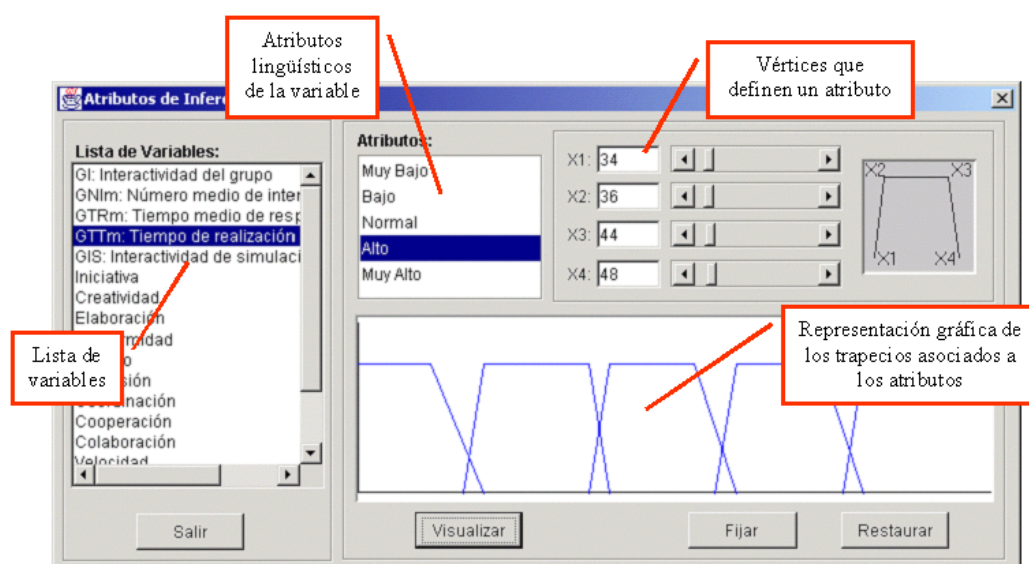


Figura IV.71. Atributos de inferencia en DomoSim-TPC.

En DomoSim-TPC se dispone de una interfaz para definir los vértices asociados a los atributos de las variables (figura IV.71). En la figura se muestran las variables relativas al análisis del trabajo del grupo. A la izquierda se sitúa la lista de variables. Al seleccionar una se dibujan los trapecios que representan los vértices asociados a los cinco atributos lingüísticos. Mediante barras de desplazamiento se puede cambiar cualquier valor, obteniéndose la representación gráfica de los trapecios con el botón *Visualizar*.

Reglas de inferencia

Con la operación *HacerDifuso* se pueden convertir las variables calculadas y las variables subjetivas en sus equivalentes variables lingüísticas. El objetivo es obtener información de análisis sobre el proceso de trabajo, para ello se utilizan una serie de reglas que definen el valor que toma una determinada variable inferida en función de varias (una o más) variables calculadas o subjetivas. La variable inferida es el consecuente, y las variables calculadas y subjetivas son el antecedente.

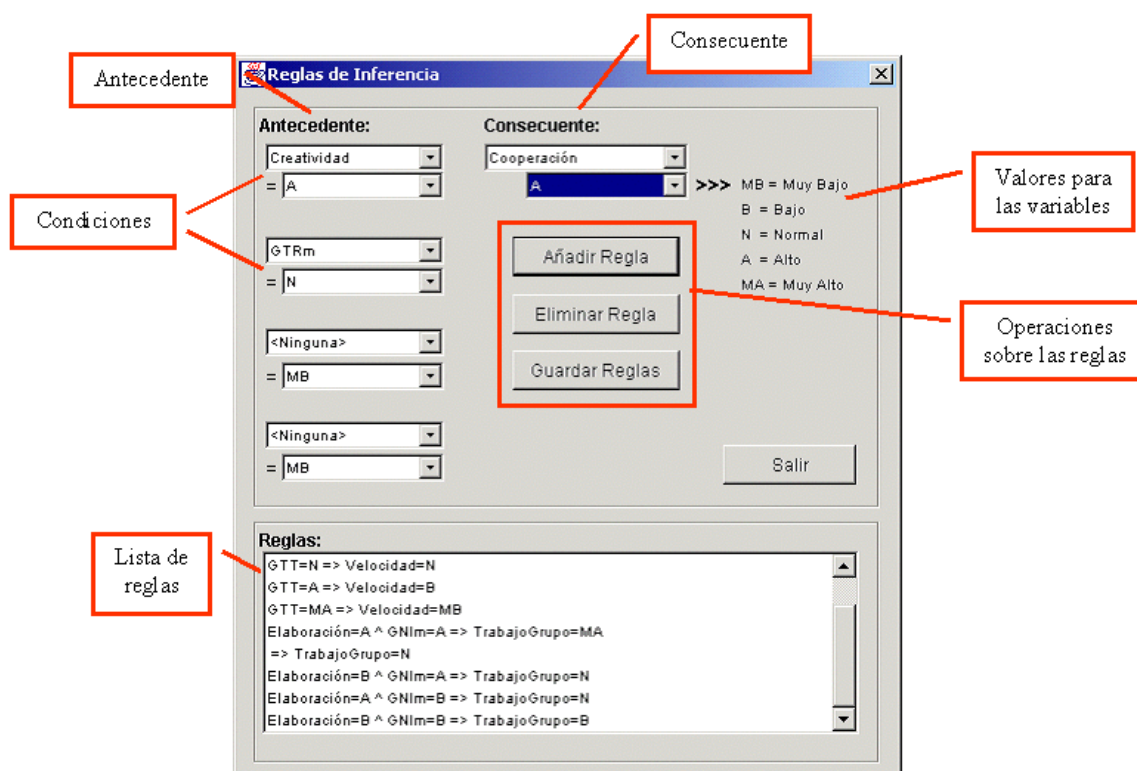


Figura IV.72. Mantenimiento de reglas de inferencia en DomoSim-TPC.

En la figura IV.72, en la que se aprecia el diálogo de la Herramienta de Análisis que permite definir reglas de inferencia en DomoSim-TPC, se muestra algún ejemplo de reglas. Cada antecedente está formado por hasta cuatro condiciones. Para cada condición se selecciona la variable y el valor lingüístico con el que se compara mediante listas desplegables. Definida una regla, ésta puede insertarse mediante el botón *Añadir Regla*, y quedará incluida en la lista de la parte inferior. Para almacenar el conjunto de reglas definido debe pulsarse el botón *Guardar Reglas*. Para facilitar la rápida inserción de reglas, cuando se inserta una no se borra el contenido de las listas de selección, de manera que se

conservan los valores para modificar sólo la condición que pueda cambiar y el consecuente de la nueva regla.

Un ejemplo de reglas para calcular la variable inferida Trabajo son las siguientes:

$\Rightarrow \text{Trabajo}=\text{Normal}$

$\text{Elaboración}=\text{Alta} \wedge \text{Modelado}=\text{Alto} \wedge \text{UNTI}=\text{Alto} \Rightarrow \text{Trabajo}=\text{Alto}$

$\text{Elaboración}=\text{Alta} \wedge \text{Modelado}=\text{Normal} \wedge \text{UNTI}=\text{Normal} \Rightarrow \text{Trabajo}=\text{Alto}$

$\text{Elaboración}=\text{Baja} \wedge \text{UNTI}=\text{Bajo} \Rightarrow \text{Trabajo}=\text{Bajo}$

En este ejemplo se ilustra la posibilidad de asignar un valor por defecto a una variable mediante una regla sin antecedente. Esto permite no tener que especificar todas las combinaciones posibles de condiciones, pudiendo obviar aquellas que den lugar al valor más repetido para el consecuente, que es el que queda asignado por defecto en una regla sin antecedente. No obstante, puede observarse que el número de reglas es considerablemente grande cuando el número de variables implicadas en el antecedente es tres o más.

Este modelo basado en Lógica Difusa descansa sobre una aproximación empírica y requiere de la experiencia del evaluador tanto para ajustar los valores de los atributos lingüísticos como para introducir las adecuadas reglas de inferencia. En las figuras IV.73 y IV.74 puede verse nuestra propuesta de relación entre las variables, tanto para el análisis individual como el del grupo. Las variables calculadas quedan representadas por polígonos de 6 lados, las variables subjetivas por óvalos y las variables inferidas por rectángulos. Puede apreciarse cómo algunas variables inferidas intervienen en las reglas para generar otras variables inferidas. El sentido de las flechas determinará el orden de aplicación de las reglas.

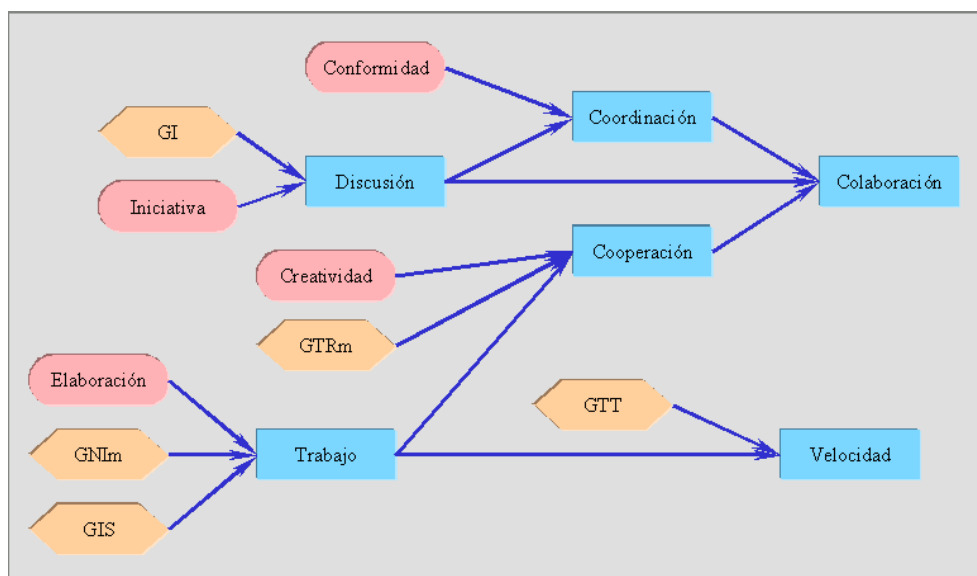


Figura IV.73. Relación entre las variables para el análisis del proceso del grupo.

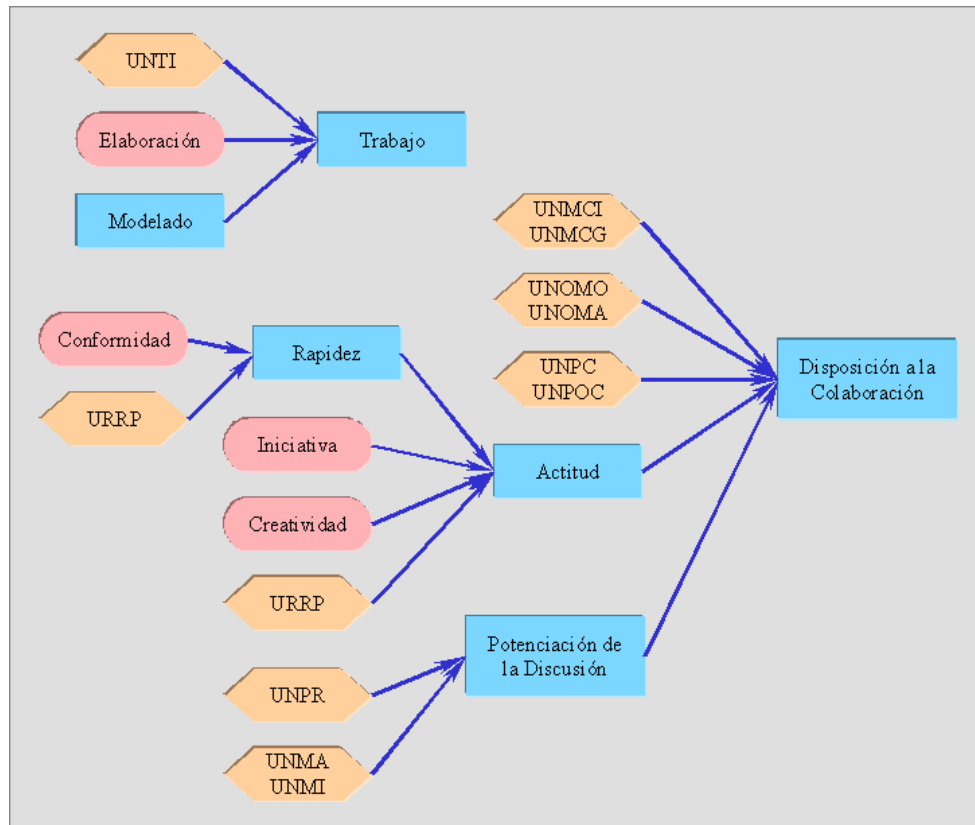


Figura IV.74. Relación entre las variables para el análisis del proceso individual.

Algoritmo global de análisis del proceso

En los siguientes algoritmos se plasma el procedimiento a seguir para efectuar el análisis, partiendo de las variables de entrada y de las reglas de inferencia que estarán almacenadas en la base de datos. Se presenta primero el algoritmo de análisis del trabajo de los individuos. Para ello se considera la actividad A, que es llevada a cabo por el grupo de alumnos GA. U_i es el conjunto de variables calculadas relativas al alumno i. VS es el conjunto de variables subjetivas. R es el conjunto de reglas de inferencia para el análisis individual del proceso.

```

ALGORITMO Análisis_Proceso_Individuo
  PARA cada alumno  $a_i \in GA$  HACER:
    Calcular el conjunto  $U_i$  de variables calculadas
     $U_i' = \text{HacerDifuso}(U_i)$ 
  FIN-PARA
  Calcular el conjunto VS de variables subjetivas
   $VS' = \text{HacerDifuso}(VS)$ 
  Obtener las reglas de inferencia en R
  PARA cada alumno  $a_i \in GA$  HACER:
     $VIU_i' = \text{Inferencia}(R, U_i', VS')$ 
    Mostrar  $VIU_i'$ 
  FIN-PARA
FIN-ALGORITMO
    
```

A continuación se muestra el algoritmo para el análisis del trabajo del grupo. Se considera que se estudia la actividad A. G es el conjunto de variables calculadas relativas al grupo, VS es el conjunto de variables subjetivas y R es el conjunto de reglas de inferencia para el análisis del proceso del grupo.

```

ALGORITMO Análisis_Proceso_Grupo
  Calcular el conjunto G de variables calculadas
  G'=HacerDifuso(G)
  Calcular el conjunto VS de variables subjetivas
  VS'=HacerDifuso(VS)
  Obtener las reglas de inferencia en R
  VIG'=Inferencia(R,G',VS')
  Mostrar VIG'
FIN-ALGORITMO
  
```

Lógicamente, al no aplicar la operación *DeshacerDifuso* los resultados se muestran mediante atributos lingüísticos. Se prefiere esta forma por entenderse que es más sencilla de interpretar para el evaluador, que normalmente será el profesor de la materia.

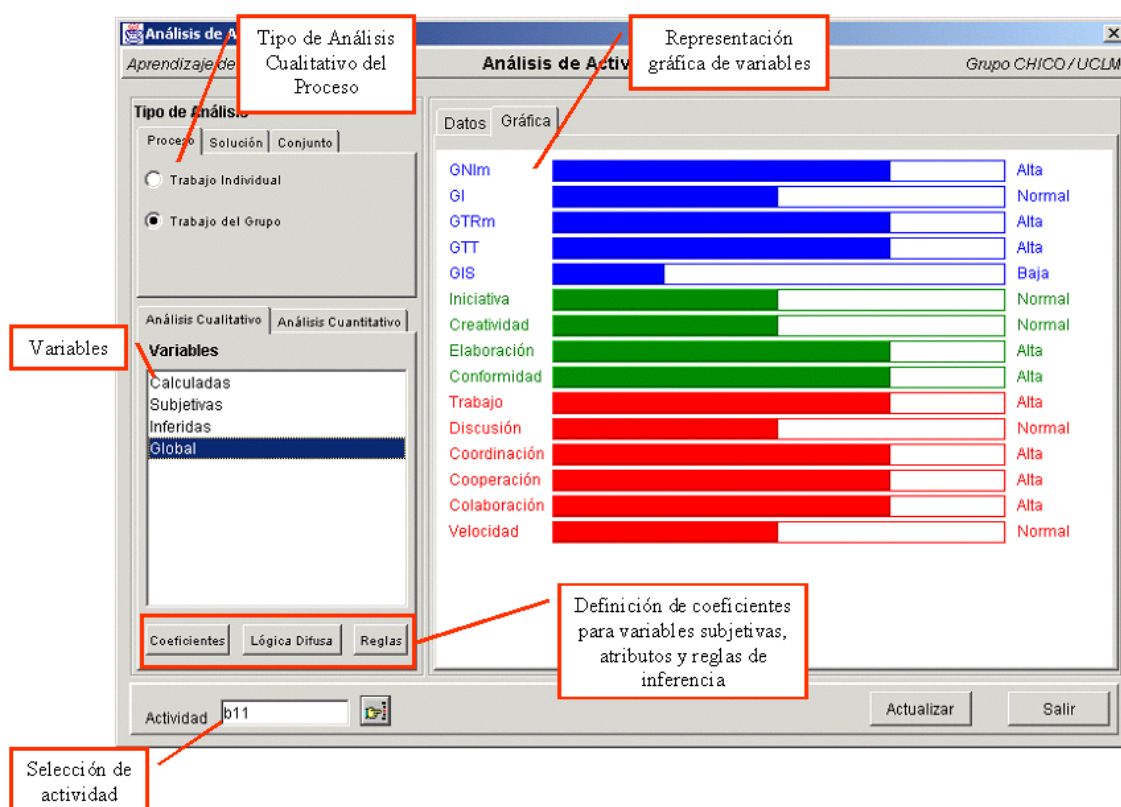


Figura IV.75. Análisis cualitativo del proceso del grupo en DomoSim-TPC: variables calculadas, subjetivas e inferidas.

Como ejemplo, en la figura IV.75 se presenta el resultado del análisis cualitativo del trabajo del grupo en formato gráfico para una actividad, según lo muestra la Herramienta de Análisis de DomoSim-TPC. Las variables calculadas se muestran las primeras (color azul), a continuación las subjetivas (color verde) y, finalmente, las inferidas (color rojo).

En la zona de variables pueden elegirse las que se quieren mostrar. En la pestaña Proceso puede seleccionarse el tipo de análisis del proceso: trabajo individual o trabajo del grupo.

IV.5.4. Análisis de la solución

Llamamos solución al producto construido durante el proceso colaborativo. Este producto es un modelo de diseño que constituye la solución al problema. A continuación se exponen las técnicas de análisis cuantitativo y cualitativo basadas en las presentadas para el proceso pero aplicadas, en este caso, a la solución. En relación al caso de estudio tratado, la solución es un modelo domótico formado por operadores y enlaces entre ellos, representado gráficamente y susceptible de ser simulado.

Análisis cuantitativo

Desde el punto de vista cuantitativo, la valoración de la solución se efectúa a partir de las siguientes variables:

- Número de objetos, por áreas de gestión (Confort Térmico, Confort Luminoso, Control Energético, Seguridad frente a Accidentes y Seguridad frente a Intrusión), por tipos de objetos (operadores, enlaces y otros) y en número total.
- Potencia asignada a los operadores, por áreas de gestión, por líneas de carga y en total.
- Capacidad de generación de calor y frío por habitaciones.
- Capacidad de iluminación por habitaciones.

No se ha considerado oportuno mostrar otras variables cuantitativas claramente referidas a la solución, como las que podrían cuantificar aspectos del propio modelo diseñado, variables o parámetros definidos, etc., porque estos datos podrán ser estudiados directamente por el evaluador con tan sólo acceder a la sesión en el espacio de trabajo de Diseño y Simulación. Debe notarse que todos los elementos que constituyen el modelo son persistentes y son presentados en las superficies de trabajo al acceder a las sucesivas sesiones.

Esta información no requiere transformación y consiste, básicamente, en la recopilación de datos numéricos. La primera variable (número de objetos) da al evaluador una idea sobre el tamaño de la solución. Los siguientes elementos son más específicos del dominio: la potencia da una idea de cómo se ha resuelto el apartado de la energía, la capacidad de generación de calor y frío arroja información acerca del área del confort térmico y luminoso y la capacidad de iluminación se refiere a la consecución de los objetivos de iluminación. Las variables se muestran exclusivamente en representación tabular.

Análisis cualitativo

Siguiendo los planteamientos ya trazados en el análisis del proceso, el estudio cualitativo de la solución se fundamenta en dos grupos de variables. El primer grupo consiste en variables de entrada que se utilizan para generar el segundo grupo (variables de salida), que constituyen la evaluación final y global de la solución.

Variables de entrada

Las variables de entrada se agrupan en aquellas que valoran el grado de cumplimiento de los objetivos del problema, las que recogen la valoración subjetiva del resultado por parte del profesor y algunas variables adicionales que influenciarán la inferencia de conclusiones. Las primeras son variables calculadas y las segundas son variables con participación del evaluador y, por tanto, subjetivas.

Los grupos de variables son los siguientes:

- Valoración de los objetivos del problema y de las restricciones de diseño: Consisten en variables calculadas sobre el enunciado del problema. Pueden consultarse los apartados III.5.5 y IV.2.2 para recordar los detalles que definen un problema en el dominio de la Domótica. Las variables identificadas son:
 - Restricciones del problema (ORP): Indica si se han respetado las restricciones impuestas por el problema en relación a las áreas de gestión a tratar, a los sistemas a emplear y a otras limitaciones referidas sobre todo al número de elementos máximos que se pueden emplear.
 - Necesidades cubiertas (ONC): Indica si se han cubierto las necesidades especificadas en el problema en cuanto a iluminación, temperatura, electrodomésticos a incluir y seguridad.
 - Simulación (OS): Simulación de los casos indicados y confirmación (positiva o negativa) de las hipótesis propuestas en el problema
 - Restricciones de diseño (ORD): Hace referencia a un conjunto de restricciones relativas al dominio. En general se refiere a aquellas circunstancias informadas por el sistema de ayuda de mensajes de asistencia (apartado IV.4.9).
- Valoración subjetiva del profesor: Recogen las impresiones subjetivas del evaluador respecto a la evaluación de la solución. En concreto éste debe evaluar:
 - La definición de parámetros (PPar): Revisando las variables definidas en el subespacio de Parametrización.
 - El modelo de diseño (PMod): Consultando el modelo diseñado en el subespacio de Diseño, accediendo, incluso, a los parámetros particulares de cada operador.
 - El proceso de simulación (PSim): Evaluando la simulación efectuada, por su presencia activa en las sesiones de simulación o por la revisión de la traza.
- Número de objetos (NOBJ): Representa el tamaño del modelo como un número entero.
- Dificultad del problema (FDP): Define el grado de dificultad del problema de acuerdo al criterio del profesor. Este indicador se utilizará, junto con el tamaño del modelo (NOBJ), para determinar el coste de la solución. Un problema sencillo solucionado con un alto número de objetos debe tener un coste alto, pero un problema complejo solucionado con muchos objetos no tiene necesariamente que tener un coste elevado; es decir, el coste depende del tamaño del modelo ponderado con la complejidad del problema.

Las variables ORP, ONC, OS y ORD son variables lógicas que toman los valores Verdadero o Falso, representando si se satisface el objetivo o la restricción. Las variables PPar, PMod, PSim y NOBJ (esta última una vez “fuzzificada”) toman valor en el conjunto {Muy Bajo, Bajo, Normal, Alto, Muy Alto}. El factor FDP, procedente de la definición del problema, pertenece al conjunto {Bajo, Normal, Alto}.

Es de destacar que esta modelización del análisis de la solución, equivalente al análisis de un modelo diseñado de acuerdo a unas restricciones, es perfectamente extrapolable a otros dominios de modelado basados en la simulación.

Variables de salida

La variable numérica calculada NOBJ puede convertirse, como se ha expuesto con anterioridad, en una variable difusa. Las variables relativas a los objetivos del problema, de valoración subjetiva y los factores de corrección ya se encuentran en un formato adecuado para ser utilizados en reglas de inferencia. De manera similar a como se hace en el análisis del proceso, utilizando la ventana de definición de los atributos de inferencia (figura IV.71) y la de mantenimiento de reglas de inferencia (figura IV.72) se está en condiciones de generar las variables de salida con un algoritmo similar al *Algoritmo global de análisis del proceso* expuesto en el apartado IV.5.3. Nótese que en este caso no tiene sentido hablar del análisis individual de un usuario concreto, porque se está evaluando la solución global que es fruto de la colaboración del grupo.

Las variables inferidas que se proponen son las siguientes:

- Calidad (SCal): Mide el grado de cumplimiento de los objetivos que marca el problema, lo que implica que la solución sea correcta o incorrecta.
- Coste (SCos): Cuantifica el coste como el número de elementos que forman el modelo; a mayor número de objetos más coste económico tendrá la instalación domótica.
- Experimentación (SExp): Esta característica se refiere a la evaluación de la simulación sin entrar a valorar el proceso de simulación, sino el resultado de ésta en forma de casos planteados e hipótesis gestionadas.
- Validez (SVal): De acuerdo a reglas relativas al dominio (puede consultarse el apartado IV.4.9), esta variable valora el grado de validez como el grado de cumplimiento de dichas reglas.

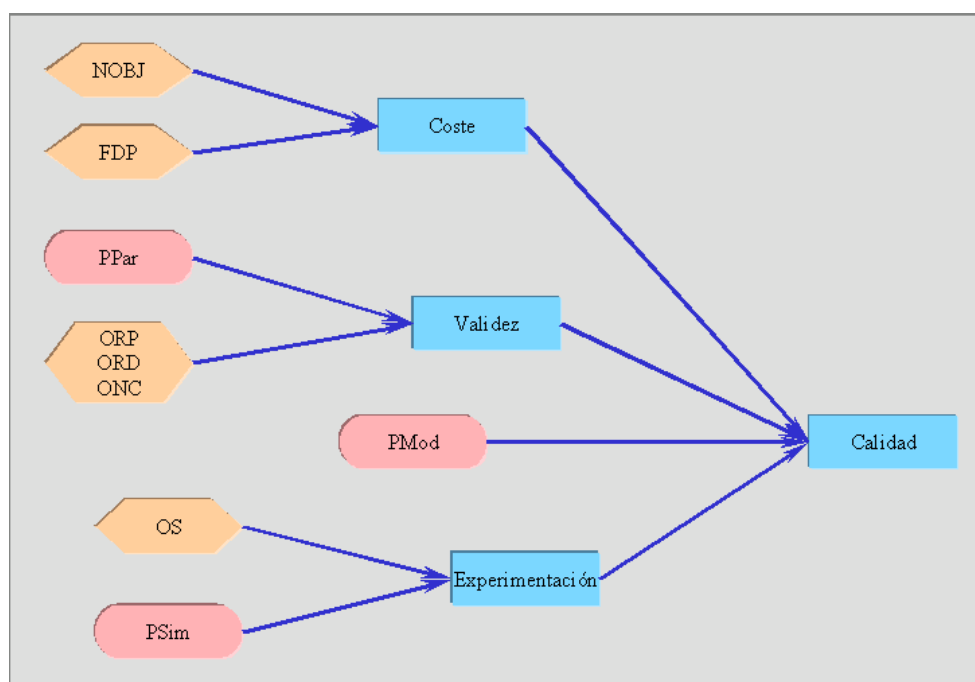


Figura IV.76. Relación entre las variables para el análisis de la solución.

La estructura de inferencia en la que se basa este modelo, y que es la que incorpora DomoSim-TPC por defecto, se muestra en la figura IV.76. Proponemos este tipo de

análisis para la valoración de soluciones o modelos construidos para resolver problemas de diseño, cuando dicha resolución está sujeta a una serie de restricciones y necesidades o limitaciones.

Algoritmo global de análisis de la solución

Sea $O=\{ORP, ONC, OS, ORD\}$ el conjunto de variables relativas a los objetivos y restricciones del problema, $P=\{PPar, PMod, PSim\}$ el conjunto de variables subjetivas definidas por el profesor, $F=\{FDP\}$ el factor de corrección, y $S=\{SCal, SCos, SExp, SVal\}$ las variables de valoración de la solución.

Los conjuntos O , P y F y la variable $NOBJ$ constituyen las variables de entrada al algoritmo; el conjunto S conforma las variables de salida. Dada una actividad, el algoritmo que evalúa la solución se muestra a continuación.

```
ALGORITMO Análisis_Solución
  Calcular el conjunto O de variables calculadas
  Obtener el conjunto P de variables subjetivas
  Obtener el conjunto F de factores de corrección
  Calcular la variable NOBJ
  NOBJ'=HacerDifuso(NOBJ)
  Obtener las reglas de inferencia en R
  S=Inferencia(R,O,P,F,NOBJ')
  Mostrar S
FIN-ALGORITMO
```

Este algoritmo es algo más sencillo que los relativos al estudio del proceso debido a que tan sólo es necesario aplicar la operación *HacerDifuso* a una única variable.

IV.5.5. Análisis global proceso-solución

Los dos tipos de análisis expuestos (estudio del proceso y de la solución) permiten valorar o evaluar la actividad llevada a cabo por el grupo y sus miembros. El análisis del proceso da más énfasis a cómo se ha colaborado y trabajado, individualmente y en equipo, y el análisis de la solución se centra en valorar el resultado de ese trabajo. No obstante, los conjuntos de información obtenidos de ambas fuentes se pueden combinar para obtener valoraciones globales de la actividad que muestren un análisis definitivo a partir del amplio conjunto de información que genera su desarrollo.

En la figura IV.77 se resumen las diferentes variables obtenidas en cada uno de los dos tipos de análisis. Con reglas de inferencia como las empleadas en los procedimientos anteriores, utilizando las variables inferidas de la solución y el proceso pueden generarse nuevas reglas cuyo consecuente sean variables que representen nuevas características de análisis global de la actividad. El algoritmo a emplear en este procedimiento de inferencia sería similar a los descritos con anterioridad. Se trataría de obtener las reglas de inferencia, calcular o recopilar las variables del antecedente (calculadas, subjetivas o inferidas),

realizar la operación *HacerDifuso* si fuese necesario, aplicar las reglas y emplear la operación *DeshacerDifuso*.

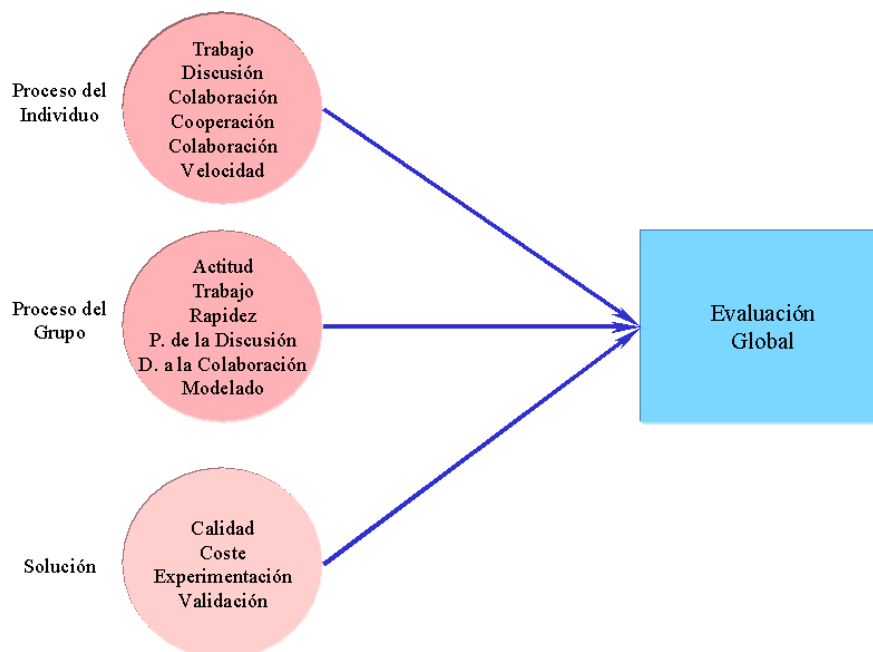


Figura IV.77. Variables de análisis (proceso y solución) para el análisis global.

Hasta aquí se ha hablado del estudio de una única actividad. Los resultados obtenidos podrán compararse entre actividades, y por tanto entre grupos y alumnos, para obtener conclusiones sobre la situación completa de aprendizaje colaborativo en la que se inscribe la resolución de actividades. Algunas ideas que explotan la comparación entre individuos y entre grupos para enriquecer los resultados aislados del análisis de las actividades son las siguientes:

- Comparar las variables de análisis del proceso individual de un usuario con las de todos los demás, tanto para la misma actividad como en distintas actividades pero relativas al mismo problema. Podrá calcularse la media de resultados y comparar a cada alumno con ese dato para situarlo por encima o por debajo de la media.
- Comparar las variables de análisis del proceso del grupo con las de otros grupos para actividades de resolución del mismo problema. Podrá calcularse la media de todos los grupos y situar cada uno de ellos por encima o por debajo de este valor.
- Comparar las variables de análisis de la solución con las obtenidas por parte de otros grupos para actividades de resolución del mismo problema. Esto permitirá valorar el tipo de soluciones que se obtienen para un problema determinado.
- Podrán compararse las valoraciones de las soluciones o del proceso entre diferentes problemas, para estudiar, por ejemplo, qué cambios presentan estas soluciones en diferentes problemas, más o menos complejos, más o menos grandes, etc.

IV.5.6. Estudio de la influencia del proceso en la solución

Para demostrar la influencia positiva de la colaboración sobre la calidad de la solución proponemos un método estadístico. Suponiendo cierta la hipótesis de que el tipo de

proceso influye en el tipo de solución, el objetivo es calcular y mostrar aquellas parejas de variables proceso-solución que demuestran tener relación para el conjunto de actividades resueltas por un colectivo de alumnos o clase. Esto permitiría extraer conclusiones sobre qué características del proceso influyen en determinadas características de la solución. Por ejemplo, una posible conclusión sería la siguiente: a mayor grado de coordinación (*coordinación=alta*) más validez (*validez=alta*) tiene una solución. Para que las conclusiones obtenidas tuviesen valor estadístico se necesitan datos de un gran número de experiencias.

Veamos cuál sería el algoritmo que generaría estas conclusiones. Consideremos los conjuntos VG (variables inferidas de valoración del proceso del grupo) y S (variables inferidas de valoración de la solución). Sea P el conjunto de problemas. Partiendo de todos los datos recopilados en la resolución de los problemas de P, construiremos todas las posibles parejas de variables (vg, s), siendo $vg \in VG$ y $s \in S$; para cada pareja se construye la muestra X con los valores que toma la variable vg en el análisis del proceso de todas las actividades de un determinado problema, y la muestra Y con los valores que toma la variable s en el análisis de la solución de todas las actividades de un determinado problema. Se trata de estudiar la influencia de X sobre Y mediante un test estadístico; si hay influencia se puede decir que para un determinado problema la variable vg influye sobre s o que es dependiente a s .

Este estudio de la influencia de una variable sobre otra se realizará utilizando el estadístico no paramétrico χ^2 de independencia, que estudia una muestra con dos variables (X,Y) para determinar si la primera es independiente de la segunda. El algoritmo que realiza todo el tratamiento expuesto, aplica este test y muestra las conclusiones se describe a continuación.

```

ALGORITMO Análisis_Influencia_Proceso_Solución
  PARA cada  $p_i \in P$  HACER:
    PARA cada  $vg \in VG$  HACER:
      PARA cada  $s \in S$  HACER:
        Calcular X como un conjunto con los valores que toma la
          variable  $vg$  en todas las actividades del problema  $p_i$ 
        Calcular Y como un conjunto con los valores que toma la
          variable  $s$  en todas las actividades del problema  $p_i$ 
        Enunciar  $H_0$ ="El carácter de X es independiente de Y"
        Aplicar el Test  $\chi^2$  a (X,Y, $H_0$ )
        SI NO(se verifica  $H_0$ ) ENTONCES
          MOSTRAR "Para el problema"  $p_i$  "la variable"  $vg$ 
            "influye sobre la variable"  $s$ 
        FIN-SI
      FIN-PARA
    FIN-PARA
  FIN-PARA
FIN-ALGORITMO

```

Para aplicar este algoritmo es de especial importancia que los pesos asignados a las variables subjetivas relativas al proceso se mantengan constantes para todas las actividades. Este algoritmo podría generalizarse para estudiar la influencia de variables en

todos los problemas y obtener parejas de variables de influencia proceso-solución relativas a la situación global de aprendizaje colaborativo.

Queda abierta la implementación de este algoritmo en el entorno DomoSim-TPC, así como la realización de más experiencias reales en diferentes centros de enseñanza que impartan conocimientos sobre Domótica, lo que nos permitirá tener una colección de datos suficientemente importante para que el método sea aplicable, sus resultados tengan valor estadístico y se obtengan conclusiones reales y valiosas en relación al procedimiento de aprendizaje colaborativo efectuado con DomoSim-TPC.

IV.6. Comparación con otros entornos

Consideramos el entorno desarrollado como un entorno integrado que ofrece una solución completa a la problemática planteada. Para poder llegar a esta solución ha sido preciso dotar a DomoSim-TPC de múltiples funcionales que lo convierten tanto en una herramienta de CSCW/*Groupware*, como de CSCL y de Simulación Colaborativa por Computador (SCC). Hemos seleccionado un conjunto de sistemas representativos de estas tres disciplinas que permitan situar y contrastar nuestra propuesta.

Desde cada una de estas tres perspectivas presentaremos en una tabla las características más significativas de los sistemas con los que comparamos DomoSim-TPC. Las columnas recogidas tienen el siguiente significado:

- Dominio: Caso de estudio del sistema.
- Información: Tipo de información que maneja el sistema.
- Herramientas: Herramientas y mecanismos que ofrece el sistema para la colaboración.
- Estructuración: Mecanismos de estructuración del proceso que se efectúa con el sistema.
- Interacciones: Tipo de interacciones efectuadas por los usuarios desde el punto de vista de la colaboración.
- Awareness: Técnicas de *awareness* que ofrece el sistema.
- Análisis: Mecanismos de análisis del proceso efectuado y del producto construido.
- Métodos/Principios Aprendizaje: Principios metodológicos y métodos de aprendizaje utilizados
- Diseño/Problema: Indica si hay que diseñar un modelo que será simulado y si el sistema se basa en la resolución de un problema.
- Trazas: Muestra si se registran las interacciones efectuadas por los usuarios o los eventos experimentados por el simulador y de qué manera se hace esto.
- Herramientas Autor: Recoge si se dispone de herramientas de autor para la generación de problemas, análisis del proceso, tutorización, etc.

IV.6.1. DomoSim-TPC como herramienta de CSCW/Groupware

Aunque en el marco de esta investigación hemos orientado los sistemas desarrollados al aprendizaje de dominios de diseño y hemos efectuado experiencias de aprendizaje, DomoSim-TPC es también una herramienta de CSCW o de *Groupware* para el diseño. El entorno DomoSim-TPC se inscribe en todas las definiciones que hemos dado de CSCW:

ayuda a los usuarios a trabajar en grupo, permite el trabajo conjunto en el desarrollo de un producto y también posibilita la actividad coordinada para resolver un problema y comunicarse. El análisis de los Sistemas Cooperativos puede realizarse en función de los objetivos y tareas de los participantes (Shneiderman, 1998a), lo que permite clasificar a estos sistemas. Desde este enfoque DomoSim-TPC presenta características de cooperación enfocada en los participantes, conferencia, proceso de trabajo estructurado, soporte a la reunión y a la decisión y teledemocracia.

Respecto a la taxonomía espacio-temporal de los Sistemas Cooperativos, DomoSim-TPC se sitúa en los sistemas para la interacción distribuida síncrona, si bien dispone también de herramientas asíncronas. Aunque se puede utilizar desde el mismo lugar, ha sido diseñado para la utilización desde diferentes localizaciones, es decir, para el trabajo a distancia. Respecto a las dimensiones de entorno compartido y de gestión de tareas se sitúa, en ambos casos, en un alto grado (Ellis et al, 1991). Desde el punto de vista del nivel de funcionalidad, que se correspondería con la taxonomía propuesta por Ellis et al (1991), presenta características de sistema de mensajes, editor multiusuario, sistema de toma de decisiones y sala de reunión electrónica y de conferencia por ordenador. Es un sistema colaborativo de tiempo real, y en ese sentido es altamente interactivo, distribuido, volátil y espontáneo.

Dispone de herramientas típicas de los entornos de CSCW/*Groupware*: síncronas, como el chat y la herramienta de toma de decisiones, y asíncronas, como el correo electrónico y la agenda de sesiones. También comparte las siguientes características de este tipo de entornos:

- Se realiza diseño colaborativo en superficies de trabajo compartidas.
- Se produce una distribución del trabajo.
- Presenta técnicas de *awareness*, tales como telepunteros, teledatos, realimentación de las interacciones colaborativas, paneles con la fotografía y el estado de cada participante, etc.
- Organiza el trabajo en sesiones.
- Se basa en un dominio de diseño como es el de la Domótica.

En la tabla IV.20 se resumen las características de DomoSim-TPC frente a los sistemas presentados en el capítulo II. Comparando nuestro entorno con estos sistemas vemos que presenta innovaciones y completa algunas carencias. Aunque algunos sistemas, como DDA, únicamente trabajan con texto, la mayoría permite trabajar con estructuras más complejas, destacando el manejo de estructuras hipermedia que no permite DomoSim-TPC, estrictamente hablando. DomoSim-TPC trabaja con texto, con los objetos propios del dominio y permite también utilizar figuras gráficas con las que señalar o expresar ideas.

Generalmente los sistemas CSCW no estructuran el proceso de trabajo, sino que ofrecen una serie de espacios y herramientas con los que construir artefactos o producir documentos. Ya hemos justificado que un cierto grado de estructuración bien enfocado puede dirigir a un aumento en la eficacia de los sistemas. En este sentido, SCOPE y DomoSim-TPC incluyen protocolos de colaboración y algún grado de estructuración de las tareas. Además, nuestro entorno extiende la estructuración a la comunicación flexible y a ciertos tipos de conversaciones para realizar tareas específicas. No obstante, en determinadas situaciones de diseño tanta estructuración no es positiva. Por ello, DomoSim-TPC incorpora una pizarra electrónica para ofrecer una interacción libre de los usuarios durante la fase de diseño. DOLPHIN y CARDBOARD también presentan pizarras electrónicas que permiten encuentros cara-a-cara entre estudiantes con altas posibilidades de interacción, pero no ofrecen mecanismos estructurados de coordinación y discusión.

Este soporte sí lo ofrece DomoSim-TPC, junto con herramientas *groupware* tradicionales, herramientas para asistir en el diseño y un potente simulador colaborativo.

Aunque la mayoría de sistemas de CSCW están orientados al trabajo síncrono, al contrario de lo que sucede con los sistemas de CSCL, algunos como DDA solamente trabajan con interacciones asíncronas. Este sistema utiliza herramientas que manejan estructuras jerárquicas de datos, como la herramienta de Discusión.

Ya hemos destacado la importancia del *awareness* en situaciones de trabajo colaborativo síncrono. Generalmente los sistemas que lo tratan ofrecen telepunteros, teledatos y un panel con los miembros que participan en la sesión. En DomoSim-TPC hemos incorporado además información del estado en que se encuentra el usuario (qué está haciendo) y unas listas en las que mostrar las interacciones que se producen para reforzar la percepción y facilitar la consulta, a modo de histórico, de lo que ha sucedido durante la sesión. En cuanto al análisis del proceso efectuado, pocos son los sistemas que lo abordan. Hay que tener en cuenta que en muchos dominios no sólo es importante el producto final producido, sino también el proceso que ha llevado a obtenerlo. Por ello DomoSim-TPC registra información relativa al proceso producido para obtener consecuencias sobre él y estudiar la relación entre el proceso y el producto.

Se pueden caracterizar los componentes genéricos reutilizables y los específicos del dominio desde la visión de sistema de CSCW. El modelo de interacción que se ha propuesto, basado en la estructuración (protocolos de colaboración, estructuración flexible y utilización del lenguaje como acción), junto con la arquitectura funcional (niveles, subsistemas y herramientas) y física (enfoque cliente-servidor con arquitectura centralizada de comunicaciones), son utilizables como esquema general para el diseño colaborativo. A nivel de herramientas concretas, el Reparto de Tareas es una herramienta genérica salvo para el criterio de reparto por áreas que es específico del dominio. La Parametrización, aunque aplicada a variables del dominio, es una propuesta generalizable para la definición de listas de parámetros en colaboración. El modelo de objetos y la herramienta de Diseño son específicos del dominio abordado, aunque las técnicas de manipulación directa se han descrito de manera genérica mediante el modelo objeto-acción. Las herramientas de comunicación y coordinación y las técnicas de *awareness* son también generales y aplicables directamente a otros sistemas.

Entornos de Diseño/Trabajo Colaborativo						
Sistema	Información	Estructuración del proceso	Interacciones	Herramientas	Awareness	Análisis
SCOPE Diseño concurrente Equipos de mejora continua	Objetos y relaciones (hipermedia) Hipertexto	Estructuración de tareas, actividades y procesos Espacio de actividad Protocolo de colaboración Modelo de proceso	Síncronas Asíncronas	Definición de espacios de trabajo Definición de protocolos de colaboración Definición de estructuras organizativas Monitorización y definición de procesos Navegadores de sesión Navegadores de hiperdocumentos Panel de información	Telepunteros Teledatos Panel miembros sesión	---
DDA Diseño en física	Texto	Estructuración de actividades mediante andamiaje (<i>scaffolding</i>) Discusión dirigida	Asíncronas	Discusión	---	Intervenciones (log)
DOLPHIN Reuniones electrónicas	Texto Páginas, nodos y enlaces Figuras y gráficos Hipermedia		Síncronas	Pizarra electrónica Comunicación audio-vídeo	Telepunteros Teledatos Panel miembros sesión	---
SEPIA Autoría (coedición hipermedia)	Nodos y enlaces (hipermedia)	Modelo explícito Espacios de actividad	Síncronas Asíncronas	Editor de hiperdocumentos Canales de comunicación Anotación	Telepunteros Teledatos Panel miembros sesión	---
AEN Coedición	Nodos (gráficos y textos) y enlaces	Modelo explícito	Síncronas	Editor de tabla de contenidos Chat	Panel de estado	---
CARDBOARD Aritmética, robots, redes de Petri	Objetos (gráficos)	Modelo explícito	Síncronas	Pizarra electrónica	---	Basado en las acciones Protocolo de acciones de usuario
DomoSim-TPC Diseño domótico	Texto Figuras Objetos (gráficos) y relaciones	Modelo explícito Espacios de trabajo Protocolo de colaboración Comunicación flexible Diálogos conversacionales	Síncronas Asíncronas	Agenda de sesiones Correo electrónico Chat y chat dirigido Toma de decisiones Diseño (pizarra electrónica) Parametrización Reparto de Tareas Simulación	Telepunteros Teledatos Realimentación interacciones colaborativas Panel miembros sesión	Cuantitativo, cualitativo y gráfico Aplicado al proceso (trazas de diseño, colaboración y simulación) y a la solución

Tabla IV.20. DomoSim-TPC y diferentes sistemas de CSCW.

Entornos de Enseñanza/Aprendizaje Colaborativo							
Sistema	Métodos/Principios aprendizaje	Información	Estructuración del proceso	Interacciones	Herramientas	Awareness	Análisis
SMILE Enseñanza de las Ciencias	PBL LBD Aprendizaje Basado en Proyectos	Notas de texto	Espacios de trabajo	Síncronas Asíncronas	Editor de notas Pizarra Planificador	Realimentación de interacciones de comunicación	---
C-CHENE Cadenas de energía (física)	PBL	Texto Gráficos	Modelo explícito Comunicación flexible	Síncronas	Chat flexible Diseño	Realimentación de interacciones de comunicación Nombre de los participantes	Cuantitativo de intervenciones y tareas
COLER Modelado de bases de datos	PBL	Texto Objetos (gráficos)	Espacios de trabajo	Síncronas	Chat Diseño (pizarra electrónica)	Realimentación de interacciones de comunicación Nombre de los participantes	---
SPLACH Enseñanza de robótica	Aprendizaje Basado en Proyectos	Texto	Modelo explícito	Síncronas Asíncronas	Reunión electrónica Correo electrónico Foros de discusión	Realimentación de interacciones de comunicación Videoconferencia	---
EPSILON Resolución de problemas de diseño orientado a objetos	PBL	Texto	Modelo explícito Comunicación flexible	Síncronas Asíncronas	Chat Diseño	Realimentación de interacciones de comunicación	Diálogo y conocimiento efectivo y no efectivo adquirido
DomoSim-TPC Aprendizaje del diseño domótico	PBL LBD	Texto Figuras Objetos (gráficos) y relaciones	Modelo explícito Espacios de trabajo Protocolo de colaboración Comunicación flexible Diálogos conversacionales	Síncronas Asíncronas	Agenda de sesiones Correo electrónico Chat y chat dirigido Toma de decisiones Diseño (pizarra electrónica) Parametrización Reparto de Tareas Simulación	Telepunteros Teledatos Realimentación interacciones colaborativas Panel miembros sesión	Cuantitativo, cualitativo y gráfico Aplicado al proceso (trazas de diseño, colaboración y simulación) y a la solución

Tabla IV.21. DomoSim-TPC y diferentes sistemas de CSCL.

Entornos de Simulación Colaborativa							
Sistema	Diseño/ Problema	Herramientas autor	Trazas	Interacciones	Colaboración	Awareness	Análisis
ERCIS Aplicaciones militares	No/Sí	No	Sí (simulación)	Síncronas	Simulación síncrona distribuida	Panel de información remota	Revisión traza de la simulación
SESAM Ingeniería del software	Sí/Sí	Sí (modelos)	Sí (simulación)	Asíncronas	Monitor de reglas Comunicación en lenguaje natural	---	Revisión traza de la simulación
SIMPLE Ingeniería (semiconductores)	No/No	No	Sí (simulación)	Asíncronas	Correo electrónico	---	Revisión traza de la simulación
WebNet Diseño de LAN	No/No	No	No	Asíncronas	Correo electrónico Glosario interactivo	---	---
LESP Modelos de partículas de la materia (Física)	Sí/No	No	Sí (simulación)	Asíncronas	Correo electrónico	---	---
TurboTurtle Física Newtoniana	No/Sí	No	No	Síncronas	Simulación compartida	Teledatos Telepunteros Nombre de los participantes	---
DomoSim-TPC Aprendizaje del diseño domótico	Sí/Sí	Sí (problemas, planos)	Sí (diseño, simulación y colaboración)	Síncronas Asíncronas	Agenda de sesiones Correo electrónico Chat y chat dirigido Toma de decisiones Diseño y simulación síncrona	Telepunteros Teledatos Realimentación interacciones colaborativas Panel miembros sesión	Cuantitativo, cualitativo y gráfico Aplicado al proceso (trazas de diseño, colaboración y simulación) y a la solución

Tabla IV.22. DomoSim-TPC y diferentes sistemas de SCC.

IV.6.2. DomoSim-TPC como herramienta de CSCL

DomoSim-TPC es también un sistema de CSCL: da forma a una situación de aprendizaje colaborativo. En su desarrollo nos hemos basado en principios metodológicos como el Constructivismo y en métodos de enseñanza como el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) y el Aprendizaje Mediante Diseño (LBD). Sigue el proceso de razonamiento del PBL: (1) al enfrentarse a un problema de diseño los alumnos realizan una formulación del problema y recopilan el conocimiento que necesitan aplicar para resolverlo, (2) realizan aprendizaje autodirigido basado en el descubrimiento y la participación activa, (3) reflexionan sobre las ideas que tienen y sobre el comportamiento del modelo que diseñan y simulan y (4) aplican un proceso de abstracción. Por último, es la autoevaluación la etapa que les permite asimilar conocimientos desde la asunción de sus errores.

Como sistema de CSCL hemos modelado el contexto social en el que se inscribe la situación de aprendizaje en grupo considerada. Hemos intentado paliar las carencias que presentan este tipo de sistemas en cuanto al soporte que ofrecen al profesor y a las capacidades de análisis. Se ha tenido en cuenta el hecho de que los profesores necesitan herramientas para participar en el proceso de enseñanza y, en ese sentido, hemos dotado al entorno de herramientas de autor, de comunicación y coordinación y de análisis. Además, los profesores pueden participar con los alumnos en las actividades de resolución de problemas. También se ofrecen métodos de análisis del proceso seguido por los alumnos y de la solución que han construido.

Como sistema de enseñanza dispone de un amplio conjunto de herramientas con las que organizar, realizar y analizar las experiencias de aprendizaje. Destacamos que como sistema de CSCL afronta el reto de utilizar la colaboración síncrona para resolver problemas.

En la tabla IV.21 se recogen las características de DomoSim-TPC y de algunos de los sistemas presentados en la sección II.3. DomoSim-TPC destaca entre los sistemas que comparamos, junto con SMILE, por utilizar métodos de enseñanza como el PBL y el LBD. Muchos sistemas manejan información textual, que organizan en forma de páginas, notas o nodos. DomoSim-TPC, de manera similar a COLER y EPSILON, se basa en un modelo de objetos que se construye por manipulación directa. C-CHENE también realiza el diseño de un modelo pero no lo hace mediante manipulación directa.

La mayoría de sistemas ofrecen modelos explícitos de estructuración y diferentes espacios de trabajo. La estructuración también se extiende a la comunicación como así entienden C-CHENE y DomoSim-TPC, que tienen similares interfaces para la comunicación. DomoSim-TPC incluye un protocolo de colaboración para guiar el proceso de diseño y aprendizaje, y ofrece diálogos conversacionales para la realización de tareas.

El tipo de interacciones que utiliza cada sistema es el más adecuado para el tipo de tareas que realiza. Aunque una vez más queremos indicar que a veces los sistemas de CSCL no han abordado la problemática de trabajar en colaboración síncrona debido a la complejidad que esto supone, y han preferido utilizar herramientas más parecidas al correo electrónico y a los editores de texto.

Las principales herramientas que utilizan estos sistemas están basadas en el correo electrónico, los tablones de anuncios o los editores de notas o de contenidos. Aquellos que presentan un trabajo síncrono ofrecen también herramientas de charla. EPSILON, COLER y DomoSim-TPC disponen de herramientas de diseño que se basan en la metáfora de la

pizarra electrónica. En relación con el *awareness*, son los sistemas síncronos nuevamente los que lo tratan, aunque se limitan a mostrar los nombres de los participantes y los mensajes que se intercambian mediante las herramientas de comunicación. Esto no es suficiente, hay que transmitir otro tipo de informaciones. DomoSim-TPC ofrece telepunteros para saber dónde están trabajando los usuarios, muestra la foto de los usuarios en un panel e indica con un estado qué están haciendo en ese momento.

Las herramientas de análisis de DomoSim-TPC no sólo recaban información del proceso como MFK, DEGREE y C-CHENE, sino que permiten evaluar el producto (o solución) desarrollado. Además, como DomoSim-TPC contiene un simulador, también se analiza el proceso de simulación a partir de las trazas recogidas. DomoSim-TPC permite evaluar el grado de bondad de la solución, algo que en un cierto grado también realiza BELVEDERE comprobando la consistencia del resultado. DomoSim-TPC compara los datos cuantitativos y cualitativos del proceso con los atributos del producto, obteniendo conclusiones en relación a la influencia del proceso sobre el producto. DEGREE también analiza el proceso de forma cualitativa, pero no analiza la solución cualitativamente como hace DomoSim-TPC.

En cuanto a los aspectos de generalización, el procedimiento de análisis, aunque aplicado al proceso de construcción de un modelo de objetos relativo al dominio, se ha planteado como una propuesta genérica que considera dos tipos de análisis (cuantitativo y cualitativo) y dos objetivos de análisis (proceso y producto) en los que se caracterizan variables de entrada y de salida. El conjunto de herramientas del Subsistema Gestor de Actividades pueden emplearse para la organización genérica de actividades de aprendizaje. Con este sistema de CSCL también se han empleado los métodos de enseñanza del PBL y del LBD para constituir una propuesta general de sistema colaborativo de resolución de problemas de diseño para el aprendizaje.

IV.6.3. DomoSim-TPC como herramienta de SCC

Un entorno de simulación permite diseñar el modelo lógico de un sistema y la realización de experimentos para explicar el comportamiento del sistema real. En este sentido DomoSim-TPC es un sistema de simulación que además es colaborativo. Es un entorno con diseño del escenario, que es el modelo de simulación, con la característica de que este diseño se realiza en colaboración síncrona

DomoSim-TPC se basa en el enfoque de simulación de eventos discretos, y permite realizar un tipo concreto, que hemos llamado SCC (Simulación Colaborativa por Computador), en el que desde varias localizaciones se puede seguir una misma simulación con la que los participantes pueden interaccionar en tiempo real.

Podemos comparar los niveles y subsistemas de DomoSim-TPC con el modelo conceptual de los entornos de aprendizaje con simulación propuesto por Jonassen et al (1999) (figura IV.78). Estos entornos deben ofrecer un soporte que DomoSim-TPC da a través de su Subsistema Gestor de Actividades, mediante herramientas de gestión y de autor. Las herramientas de conversación y colaboración que debe tener un sistema de aprendizaje con simulación se concretan en nuestra propuesta en herramientas de coordinación y de comunicación. Las herramientas cognitivas serán aquellas mediante las cuales los alumnos aprenden, lo que se produce mediante el diseño y simulación con el subsistema correspondiente. El espacio del problema también se materializa en el

Subsistema de Diseño y Simulación, que ofrece un contexto, en forma de espacio de diseño del modelo, y un espacio de simulación.

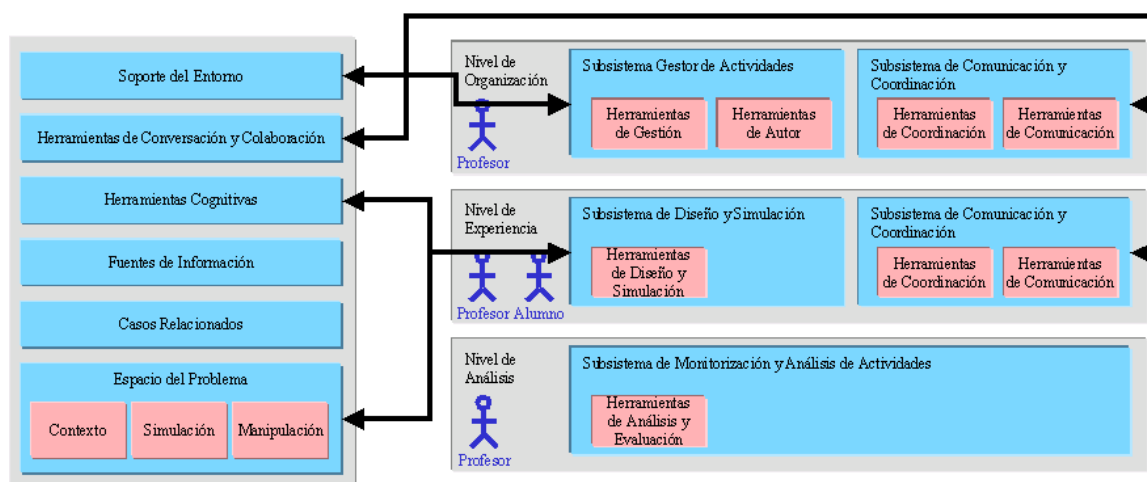


Figura IV.78. Niveles de trabajo y el modelo conceptual de los entornos de aprendizaje con simulación.

En la tabla IV.22 se muestran los sistemas de simulación presentados en el capítulo II comparados con DomoSim-TPC. Un sistema de simulación es más completo cuando los alumnos construyen el modelo que se va a simular. En SESAM, SIMPLE, ERCIS, TurboTurtle y WebNet se simula un único modelo incorporado en el sistema; únicamente en SESAM se pueden generar diferentes modelos mediante un lenguaje de descripción que debe compilarse. Mientras que en DomoSim-TPC y en LESP son los propios alumnos los que diseñan el modelo a simular.

En nuestra propuesta se dispone de una colección de problemas que son resueltos por los alumnos. ERCIS, SESAM y TurboTurtle también se basan en el planteamiento de problemas a los alumnos, pero en DomoSim-TPC los problemas son planteados por los profesores con ayuda de herramientas de autor. También se dispone de herramientas de organización de grupos y de propuesta de actividades.

Excepto en WebNet, en todos los sistemas se registran las intervenciones que realizan los usuarios y los cambios de estado del modelo simulado, pero los sistemas considerados sólo permiten la revisión de estas trazas. En DomoSim-TPC también se almacenan estos eventos en una base de datos para su revisión posterior, pero además se pueden utilizar herramientas automáticas para poder efectuar, desde el propio entorno, un análisis sobre el proceso efectuado, sobre la solución generada y sobre la influencia del primer aspecto sobre el segundo.

El conjunto de herramientas colaborativas que ofrece DomoSim-TPC es más amplio, teniéndose herramientas asíncronas, como el Correo Electrónico y la Agenda de Sesiones, y herramientas síncronas, como los dos tipos de chats, la Herramienta de Toma de Decisiones y todos los mecanismos de interacción de los subespacios del Diseño y Simulación. SIMPLE y LESP se limitan a utilizar el correo electrónico para intercambiar las trazas de las simulaciones. Otros sistemas colaborativos específicamente contruidos para dar soporte a diferentes tipos de diseño, como WebNet, permiten poca interacción síncrona, realizando una simulación individual.

El *awareness* es fundamental en la colaboración síncrona. Los sistemas que realizan simulación en tiempo real como ERCIS y TurboTurtle muestran información de los

participantes; TurboTurtle incorpora telepunteros y teledatos. Como ventajas de DomoSim-TPC en esta parcela destaca la foto que se incorpora en el Panel de Sesión y la Lista de Interacciones efectuadas, que se mantiene para reforzar la percepción y permitir la consulta de las acciones ya efectuadas.

Las herramientas de autor construidas son específicas del dominio de estudio. Aunque en la descripción del problema hemos identificado partes (identificación, entorno, restricciones, necesidades y simulación) que son adaptables y aplicables a otras situaciones de modelado. La simulación desarrollada es orientada al dominio pero, al realizarse sobre un modelo de objetos y basarse en la manipulación directa, puede extraerse un esquema general para extrapolarlo a otras situaciones. Este esquema general estaría formado por los objetos representados gráficamente, las acciones sobre ellos no específicas al dominio (*on*, *off*, ...), las herramientas de comunicación, coordinación y sincronización, las técnicas de *awareness* y las herramientas de soporte a la simulación no dependientes del dominio, como pueden ser el entorno medioambiental y el reloj de simulación. En relación al subespacio de Casos e Hipótesis, éste se constituye como una herramienta genérica al no haber relación entre casos e hipótesis con variables de simulación. Esto es una ventaja desde el punto de vista de la reutilización, aunque también una desventaja desde el punto de vista del aprendizaje colaborativo por descubrimiento, al no estar ligadas las hipótesis a la simulación. Precisamente, este hecho, comentado en el apartado dedicado al subespacio de Casos e Hipótesis, marcará una línea de trabajo futuro.

Hemos visto que existen herramientas de simulación colaborativas que demuestran que esta simbiosis es beneficiosa en procesos de aprendizaje en grupo y justifican el enfoque tomado. Aunque en realidad no existen muchas aplicaciones que incorporen colaboración en tiempo real para el diseño y simulación del modelo creado y por ello creemos que nuestra propuesta es más completa e innovadora.

IV.7. Resultados

El resultado fundamental que se deriva de este capítulo es una propuesta de arquitectura y de modelo de estructuración para sistemas de aprendizaje colaborativo del diseño basados en simulación y centrados en una interacción en tiempo real. Para lograrlo se han aplicado principios y métodos provenientes de las áreas del CSCW, del CSCL y de la Simulación.

La arquitectura propuesta engloba la arquitectura funcional, que identifica un conjunto de niveles y de flujos de información, y la arquitectura física, que describe los componentes hardware y software que materializan el entorno. Los niveles que caracteriza la arquitectura funcional son los siguientes:

- Organización: En el que se definen las experiencias de aprendizaje.
- Experiencia: En el que se desarrollan las actividades de resolución de problemas.
- Análisis: En el que se analiza la información recogida en las experiencias.

Para organizar las funciones del entorno desde la perspectiva de estos tres niveles se han desarrollado cuatro subsistemas:

- Subsistema Gestor de Actividades: Gestiona información de los usuarios, grupos y actividades.

- Subsistema de Comunicación y Coordinación: Permite la comunicación y el planteamiento de sesiones de trabajo.
- Subsistema de Diseño y Simulación: Permite diseñar la solución al problema utilizando la simulación.
- Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades: Visualiza, sintetiza y analiza la información recogida en las experiencias.

La arquitectura física supone una configuración con la que llevar a la práctica un entorno con las características ya descritas. Se trata de una arquitectura cliente-servidor en la que destaca un elemento especializado que centraliza y distribuye las comunicaciones.

Entendiendo un espacio de trabajo como una zona de elaboración de información con recursos para realizar una tarea específica, DomoSim-TPC ofrece a los usuarios cuatro espacios en los que desarrollar su trabajo. Los diferentes niveles, herramientas y usuarios implicados, relacionados con los espacios de trabajo materializados en DomoSim-TPC, se muestran en la figura IV.79.

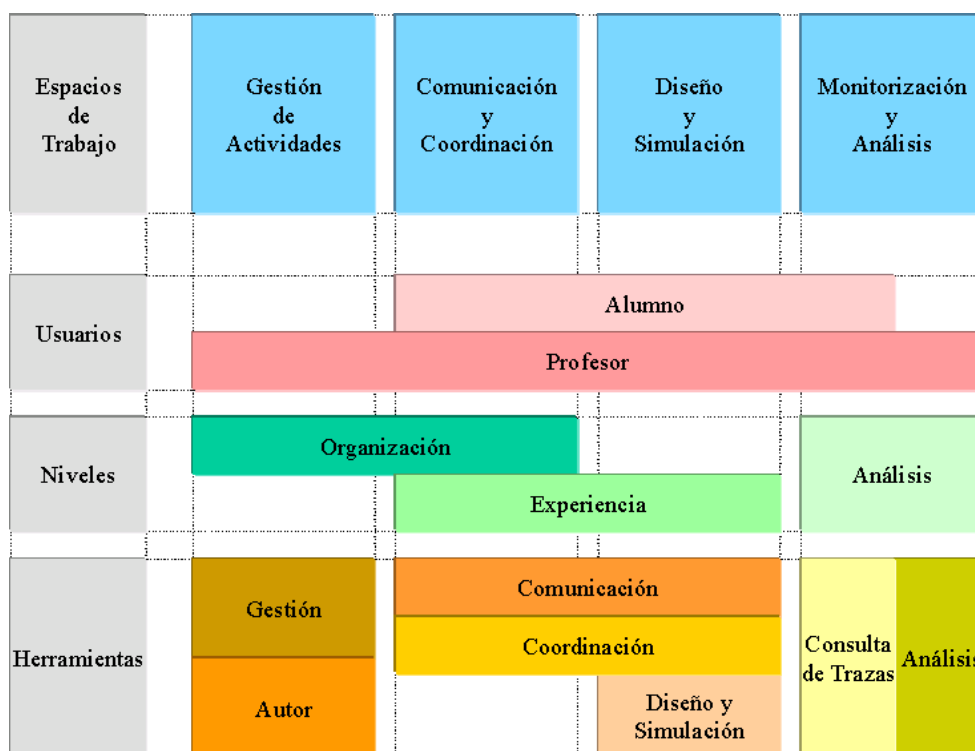


Figura IV.79. Espacios de trabajo, niveles, usuarios y herramientas de la arquitectura y modelo propuestos.

Muchos factores influyen a la hora de construir un entorno basado en las arquitecturas y modelos propuestos y en su utilización con éxito: tecnología, organización, colaboración y dominio. En relación a su funcionamiento, estos entornos deben tener un alto rendimiento, ser seguros, gestionar información persistente, ser usables, basarse en la manipulación directa para construir y simular diseños, disponer de herramientas integradas, ofrecer soporte para comunicación y telepresencia y estar basados en una perspectiva social y realista.

Finalmente, se ha justificado la visión del sistema desarrollado como un entorno de CSCW, de CSCL y de simulación. Lo hemos comparado con los sistemas más representativos de cada área, mostrando las mejoras que aporta en cada campo, diferenciando entre características específicas del dominio abordado y características

genéricas reutilizables en otros sistemas. La arquitectura física conduce a una implementación de los sistemas, cuyas técnicas se describirán en el capítulo V.

A continuación se detallan los resultados relativos a cada subsistema.

IV.7.1. Subsistema Gestor de Actividades

Hemos modelado el usuario del sistema de acuerdo a dos perfiles: profesor y alumno. El conjunto de herramientas a las que tiene acceso varía en función de su perfil: los profesores crean problemas y planos, organizan grupos de alumnos, plantean actividades y organizan sesiones. Los alumnos consultan la agenda de sesiones y realizan actividades en las que resolver un problema.

El diagrama estructural de la figura IV.80, representado en UML, modela la información que es gestionada por este subsistema. Este diagrama es la unión de los diagramas parciales que se han ido presentando en la sección correspondiente. Se han obtenido una serie de herramientas software que mantienen ese conjunto de información con el soporte de un SGBD (figura IV.81). Las herramientas de gestión son herramientas genéricas válidas para situaciones de enseñanza de otros dominios, mientras que las herramientas de autor son propias del dominio abordado.

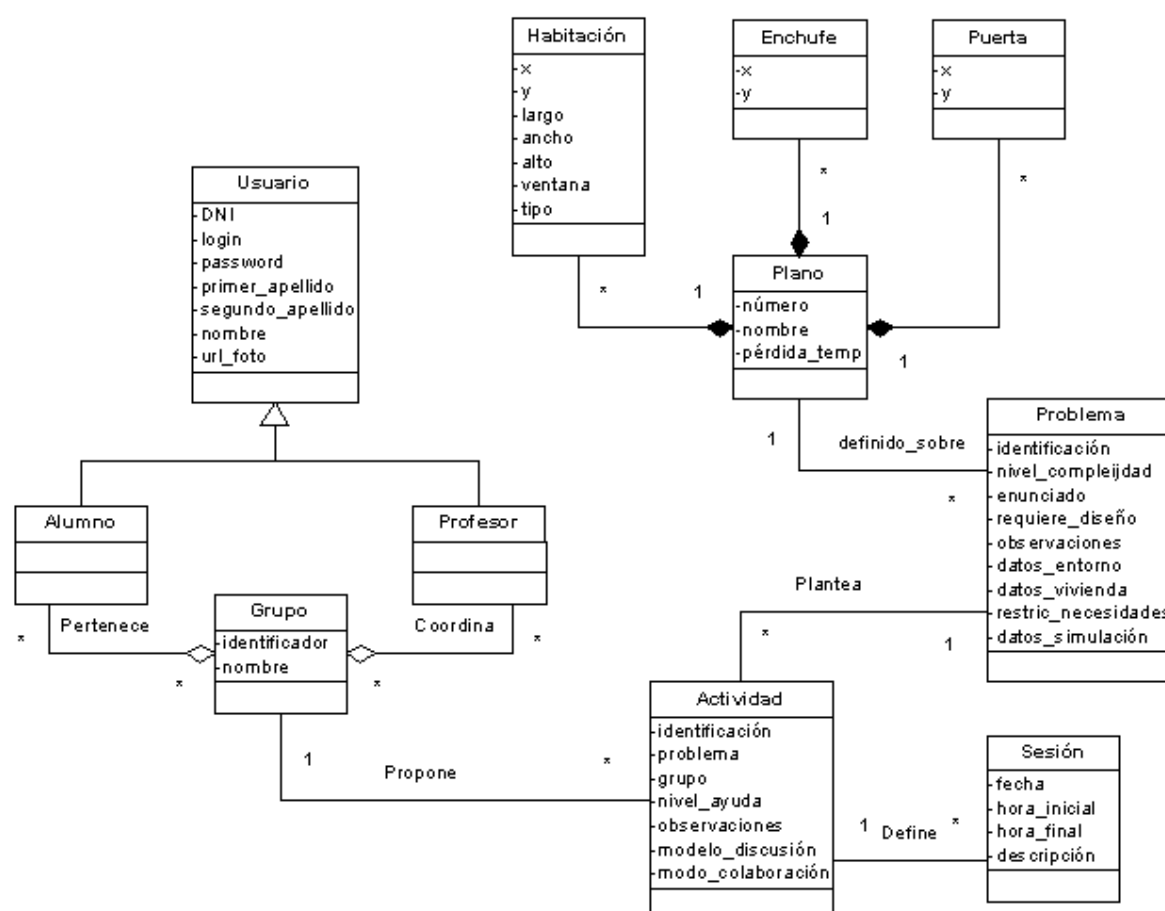


Figura IV.80. Modelo Estructural de la información manejada por el Subsistema Gestor de Actividades.

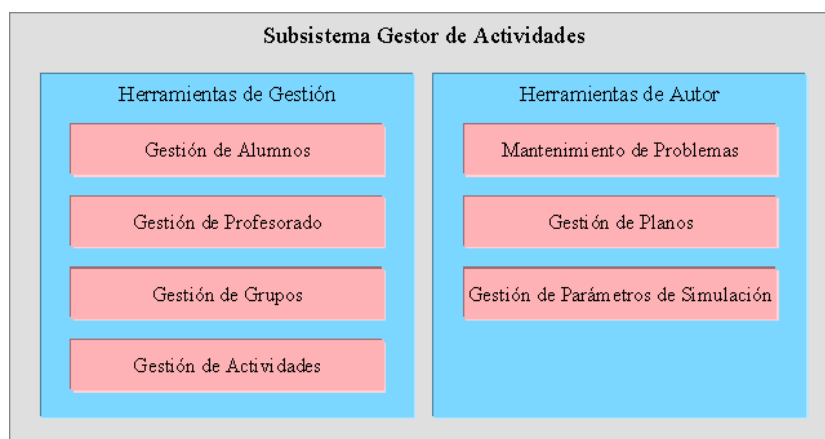


Figura IV.81. Herramientas del Subsistema Gestor de Actividades.

IV.7.2. Subsistema de Comunicación y Coordinación

Este subsistema queda formado por el conjunto de herramientas que se recoge en la figura IV.82. Estas herramientas satisfacen las necesidades de comunicación, coordinación y toma de decisiones entre los miembros de un grupo. Las herramientas de Correo Electrónico, Chat y Agenda de Sesiones serán utilizadas en momentos previos a la resolución de problemas, mientras que la Herramienta de Toma de Decisiones y el Chat Dirigido lo serán durante el diseño colaborativo.

Hemos modelado la Herramienta de Correo Electrónico como un conjunto de mensajes, y la Agenda de Sesiones como una colección de sesiones. Esta es la información persistente más relevante del subsistema, el resto de herramientas no almacenan información y no ha sido necesario un modelado de datos.

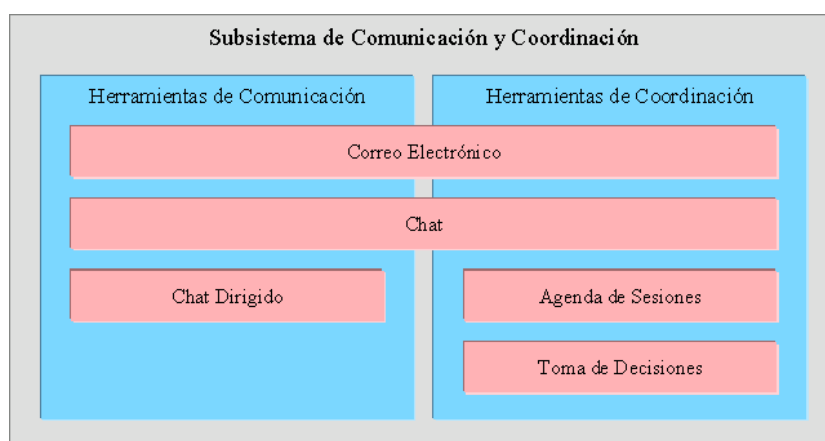


Figura IV.82. Conjunto de herramientas del Subsistema de Comunicación y Coordinación.

IV.7.3. Subsistema de Diseño y Simulación

El aprendizaje puede mejorarse estructurando el proceso de manera adecuada. En esta línea, DomoSim-TPC define un método de trabajo explícito y propone para el Subsistema de Diseño y Simulación un modelo semiestructurado que se compone de tres técnicas:

- Protocolo de Colaboración: Para guiar el aprendizaje mediante un conjunto de reglas y métodos de estructuración de los procesos.
- Estructuración Flexible: Para limitar la conversación a un conjunto de formas preestablecidas que fomentan el aprendizaje.
- El Lenguaje como Acción: Para modelizar la ejecución de tareas utilizando el lenguaje como dimensión primaria de la actividad cooperativa.

Subespacio	Tarea	Mecanismos de Soporte a la Colaboración			Estructuración
		Manipulación Directa	Comunicación y Coordinación	Awareness	
<i>Diseño</i>	Diseño del modelo que soluciona el problema	Pizarra electrónica Modelo Objeto-Acción Objetos: operadores del dominio Acciones: edición, parametrización y enlace	Chat Dirigido Herramienta de Toma de Decisiones	Teledatos Telepunteros Lista de interacciones Panel de sesión: foto, nombre y estado	Interacción libre Reparto de Tareas
<i>Reparto de Tareas</i>	Organización y distribución de las acciones de diseño	Modelo Objeto-Acción Objetos: criterios, usuarios y tareas Acciones: proponer, ok, no ok	Chat Dirigido Herramienta de Toma de Decisiones	Lista de interacciones Panel de sesión: foto y nombre	Elección de criterio Asignación de tareas Lenguaje como Acción
<i>Parametrización</i>	Asignación de valor a las variables del problema	Modelo Objeto-Acción Objeto: parámetros y valores Acciones: proponer, ok, no ok	Chat Dirigido Herramienta de Toma de Decisiones	Lista de interacciones Panel de sesión: foto y nombre	Lenguaje como Acción
<i>Casos e Hipótesis</i>	Propuesta y selección de casos y propuesta y verificación de hipótesis	Modelo Objeto-Acción Objetos: casos e hipótesis Acciones: proponer, ok, no ok	---	Teledatos Lista de interacciones Panel de sesión: foto y nombre	Casos Hipótesis Lenguaje como Acción
<i>Simulación</i>	Simulación del modelo	Pizarra electrónica Modelo Objeto-Acción Objetos: operadores del dominio Acciones: on/off, abrir/cerrar, manual/automático...	Chat Dirigido Herramienta de Toma de Decisiones	Teledatos Lista de interacciones Panel de sesión: foto y nombre	Interacción libre Líder-Observador

Tabla IV.23. Mecanismos de soporte a la colaboración y de estructuración en los diferentes subespacios.

Se ofrecen a los usuarios diferentes subespacios de trabajo que integran herramientas para la resolución de problemas orientadas al dominio con herramientas genéricas

adaptadas para la toma de decisiones y la discusión colaborativas. Las herramientas utilizan diferentes mecanismos para la realización de las tareas: manipulación directa basada en el Modelo Objeto-Acción, mecanismos de comunicación y coordinación y técnicas de *awareness* para facilitar la colaboración en tiempo real.

En la tabla IV.23 se resumen los diferentes mecanismos de soporte a la colaboración y los procedimientos y técnicas de estructuración que se ofrecen en los diferentes subespacios. En todos los subespacios se utiliza la manipulación directa como paradigma de interacción. En las tareas de Diseño y Simulación se trabaja con operadores del dominio; en el Diseño las acciones son las de inserción, selección, eliminación, movimiento, enlace y parametrización, y en la Simulación se utilizan acciones como encender, abrir, etc. En ambas tareas se utiliza una pizarra electrónica colaborativa. En el Reparto de Tareas los usuarios trabajan primero con un criterio y posteriormente con asignaciones de tareas; en la Parametrización se trabaja con parámetros y en el subespacio de Casos e Hipótesis se trabaja con casos e hipótesis. En estos tres subespacios se utilizan las acciones conversacionales *proponer*, *manifestar acuerdo* (ok) y *manifestar desacuerdo* (no ok).

Las diferentes técnicas de estructuración se aplican bajo el principio de que cada tarea sea realizada de la forma más adecuada. Las tareas de Diseño y Simulación se basan en mecanismos de manipulación directa de objetos gráficos, por tanto en ellas tiene sentido permitir un alto grado de interacción y un bajo grado de estructuración. No obstante, el trabajo de diseño queda parcialmente estructurado por la distribución de tareas realizada en el subespacio de Reparto de Tareas, y el trabajo de simulación queda también estructurado por el desempeño de dos roles durante la simulación: el que permite a un único alumno actuar sobre el modelo y el que permite tan solo la observación. El Reparto de Tareas queda estructurado por el modelado de dos fases (elección de criterio y asignación de tareas) y por la utilización de la Perspectiva del Lenguaje/Acción para representar actos del habla que se corresponden con las acciones de proposición y acuerdo disponibles. Esta perspectiva también se ha empleado para materializar la asignación de valor a los parámetros en la Parametrización y para el tratamiento de casos e hipótesis en el subespacio de Casos e Hipótesis.

Es de destacar que las tareas de Diseño y de Parametrización disponen adicionalmente de diferentes modos de colaboración. En el Diseño se tienen dos posibilidades para que los usuarios realicen su trabajo: realizarlo de forma global y conjunta, de manera que el modelo está disponible para todos los usuarios, o realizar un trabajo individual que posteriormente debe integrarse para formar una solución de conjunto, de modo que cada usuario sólo ve el efecto de sus acciones. En la Parametrización se ofrecen dos posibilidades para la asignación de valor a las variables: modelo Democrático y modelo Basado en Propuestas. Estos modos de colaboración en estas dos tareas permiten a los profesores ensayar diferentes posibilidades y estudiar el efecto que se produce sobre el proceso desarrollado por los alumnos. También se pueden aplicar los distintos modos de colaboración en función del tipo de problema a resolver.

Por último, cabe destacar la posición que ocupa este subsistema en el proceso global de resolución de problemas en el que se inscribe esta investigación. En DomoSim-TPC los alumnos, antes de acometer el diseño y simulación de modelos, emprenden la fase de planificación, en la que trazan una estrategia de resolución mediante un lenguaje de representación intermedio. Esto permite la generación automática de un modelo inicial que se corresponde con el plan trazado; sobre este modelo se realiza el diseño final, ahorrando tiempo que se puede dedicar a tareas más productivas y no puramente rutinarias.

La idea de la planificación también se puede aplicar a la simulación. Los alumnos tienen que aprender a probar que su solución es correcta. Para ello deben saber planificar baterías de hipótesis que cubran todos los aspectos de comportamiento necesarios. Este proceso se parece a la realización de pruebas en la disciplina de la programación: se trata de hacer casos de prueba que cubran todas las funcionalidades de los sistemas.

En definitiva, se han expuesto las bases para la construcción del principal subsistema del entorno informático desarrollado. El subsistema se asienta sobre un protocolo general de colaboración que identifica cinco subespacios de trabajo, en los que se integran mecanismos de manipulación directa, comunicación y coordinación y *awareness*, y en los que se utilizan diferentes técnicas de Estructuración Flexible y basadas en la Perspectiva del Lenguaje/Acción. Este subsistema sirve como modelo a seguir para el desarrollo de sistemas colaborativos para el aprendizaje basados en simulación o para sistemas colaborativos de diseño de modelos.

IV.7.4. Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades

Con este subsistema se ha propuesto un tipo de análisis para estudiar dos aspectos diferentes en una situación de trabajo/aprendizaje colaborativo. Por un lado se estudia el proceso efectuado por los participantes y por otro se estudia el resultado de dicho proceso. Ambos aspectos pueden estudiarse desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo. De manera general, el tratamiento cuantitativo se basa en el cálculo de variables numéricas mediante la cuenta de trazas y su presentación de manera textual o gráfica.

Desde el punto de vista cualitativo, el proceso se estudia considerando un conjunto de variables de entrada que se utilizan para generar conclusiones mediante un procedimiento de inferencia difusa. La información generada se muestra mediante variables cualitativas que permiten caracterizar el proceso seguido por los usuarios.

El estudio del resultado se basa, como el anterior, en la identificación de una serie de variables calculadas y en la aplicación de reglas de inferencia. En este caso, el conjunto de variables es muy cercano al caso de estudio tratado (Domótica), pero puede fácilmente extenderse a otros dominios.

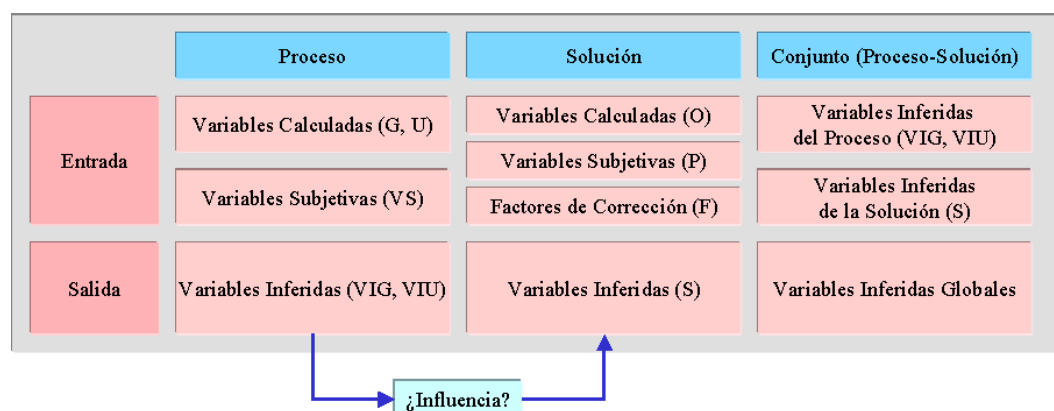


Figura IV.83. Tipos de análisis y variables de entrada y salida.

Los resultados del estudio del proceso y de la solución se pueden combinar para obtener resultados más generales que abarcan toda la actividad de trabajo del grupo de

usuarios. Estos resultados pueden extenderse a un conjunto más amplio de experiencias, haciendo comparaciones entre usuarios, grupos y problemas, obteniendo conclusiones cada vez más generales. En la figura IV.83 se resumen las diferentes variables consideradas para los diferentes tipos de análisis planteados.

Se ha planteado un algoritmo para mostrar, partiendo de una colección de datos relativos a experiencias reales de aprendizaje colaborativo basado en la resolución de problemas, conclusiones sobre la influencia que tiene el proceso seguido sobre el resultado del proceso. Esto podrá demostrar los beneficios de la colaboración para el trabajo/aprendizaje en dominios en los que sea aplicable el diseño de modelos y su simulación.

Capítulo V. Diseño e Implementación del Sistema

Este capítulo describe las diferentes técnicas utilizadas en el diseño e implementación del sistema desarrollado. Se parte de la caracterización de este problema de implementación y del planteamiento de la estrategia de resolución adoptada. Dentro de esta estrategia se describe la arquitectura física sobre la que asentar los productos software desarrollados y los componentes que la forman, y se estudia en detalle la gestión de las comunicaciones, mostrando las técnicas de sincronización, las tramas de datos empleadas y el protocolo que describe el diálogo que siguen los procesos que intervienen. Finalmente se muestra, brevemente, cómo configurar e instalar el sistema.

V.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución

El problema a resolver consiste en la implementación del entorno DomoSim-TPC, que se basa en un proceso de diseño y simulación en colaboración síncrona para el aprendizaje de la Domótica. La actual tecnología de construcción de GUI permite construir interfaces para aplicaciones interactivas mediante manipulación directa, pero no permite construir la compartición de datos subyacente ni la lógica de la aplicación para aplicaciones colaborativas síncronas multiusuario (Banavar et al, 1998). Por otra parte, según Ellis et al (1991), las interfaces para grupos difieren de las interfaces para sistemas monousuario al describir la actividad del grupo y ser controladas por múltiples usuarios en vez de uno solo. Este autor opina que estas interfaces conllevan problemas que no se presentan en los sistemas monousuario, uno de los cuales es el manejo de la concurrencia.

Los sistemas de *groupware* síncronos deben satisfacer algunos requisitos desde el punto de vista del usuario (Schuckmann et al, 1996) en relación con su implementación. De la misma manera que las interfaces de usuario basadas en manipulación directa requieren una rápida realimentación, el *groupware* síncrono también debe asegurar un procesamiento de las acciones de los usuarios sin retardo aparente de tiempo independientemente de la conexión de red. La rápida propagación de las operaciones de los usuarios posibilita también el *awareness* de grupo. Se requieren espacios de trabajo en los que compartir los contenidos objeto de la colaboración entre los usuarios concurrentes.

Desde el punto de vista del desarrollador, la construcción de aplicaciones *groupware* es, hoy por hoy, todavía un proceso complejo. Aunque se han efectuado algunos progresos durante los últimos años con respecto al desarrollo de *toolkits*, *frameworks*, arquitecturas y componentes básicos, diseñar e implementar *groupware* es una tarea difícil y propensa a errores. Algunos ejemplos de herramientas que se utilizan con cierto éxito para construir aplicaciones colaborativas síncronas son GroupKit (Roseman & Greenberg, 1996), que es un *toolkit* para construir aplicaciones distribuidas de tiempo real, Live (Banavar et al, 1998), que ofrece una infraestructura para la colaboración síncrona cliente-servidor mediante un API, COAST (Schuckmann et al, 1996), que es un *toolkit* orientado a objetos

para el desarrollo de *groupware* síncrono, y Habanero²⁷, que es un *framework* que proporciona el ambiente necesario para crear entornos de trabajo colaborativo y comunidades virtuales.

Para resolver la problemática expuesta cabe plantearse el empleo de alguna de las herramientas anteriores u otra de las muchas propuestas existentes, en la forma de lenguajes de programación para aplicaciones distribuidas (COOC (Trehan et al, 1992) y Remote AWT (Rosberg et al, 1998)), sistemas de ventanas compartidas (Shared-X (Garfinkel et al, 1989) y NetMeeting®²⁸), *toolkits* (COLA (Trevor et al, 1994), Rendezvous (Patterson et al, 1990), Suite (Dewan & Choudhary, 1991) y NSTP (Patterson et al, 1996)) y entornos de desarrollo rápido de aplicaciones (Visual Obliq (Bharat & Brown, 1994; Bharat & Cardelli, 1995) y ViewSoft Internet²⁹). Pero, generalmente, estas herramientas, o bien no satisfacen todos los requisitos del usuario, o bien no satisfacen los objetivos de desarrollo. Junto con estas carencias la necesidad de construir un entorno de diseño en tiempo real, en un dominio complejo como es el de la Domótica, y con soporte de simulación, nos ha hecho decantarnos por el diseño e implementación de la aplicación en su totalidad sin ayuda de herramientas auxiliares para tener un mayor control sobre los mecanismos para la colaboración y obtener el rendimiento requerido.

Para llevar a cabo esta implementación con éxito se han seleccionado y empleado unos componentes, que junto con un desarrollo de software, hacen realidad el entorno colaborativo cuya construcción se había planteado como objetivo general. Estos componentes se agrupan en torno a dos elementos:

- Arquitectura física: Que describe, a nivel físico, cómo se distribuyen los componentes y las tecnologías que se han empleado. Esta arquitectura está formada por los siguientes elementos:
 - Lenguaje de programación: Se ha elegido el lenguaje Java para implementar los diferentes módulos del entorno.
 - Estructura: Se establece una estructura cliente-servidor en la que las aplicaciones clientes y servidores se conectan sobre redes Internet/Intranet mediante el protocolo TCP/IP.
 - Arquitectura de comunicaciones: De las dos alternativas para construir *groupware* distribuido, centralizada y replicada (Greenberg et al, 1993; Lauwers et al, 1993), se ha elegido una arquitectura centralizada, en la que tanto la información como el control están en elementos centrales. Se utilizarán *sockets* para disponer de canales de comunicación entre los diferentes programas y procesos.
 - Gestión de datos: Se utiliza un SGBD para delegar y centralizar las funciones de gestión de la información y el control de concurrencia.
- Técnicas de comunicación: Que definen un conjunto de técnicas para materializar la colaboración entre los usuarios mediante el uso de las herramientas o programas adecuados. Para ello hay que caracterizar los siguientes elementos:
 - Procedimientos de sincronización: Se trata de proponer una estrategia y estructura de programas y procesos que soporte los procedimientos de comunicación y sincronización necesarios para la colaboración síncrona.

²⁷ <http://havefun.ncsa.uiuc.edu/habanero>

²⁸ <http://www.microsoft.com/office/netmeeting>

²⁹ <http://www.viewsoft.com>

- Tramas de datos: Junto con los procedimientos de sincronización es preciso definir detalladamente los datos a ser comunicados por los diferentes módulos, estructurados convenientemente en tramas de datos.

A continuación se describirán estos componentes en profundidad.

V.2. Arquitectura física detallada

El entorno DomoSim-TPC se compone de un conjunto integrado de programas Java³⁰ que constituyen las diferentes herramientas de los subsistemas que se han presentado en el capítulo anterior. Son muchas las posibilidades a la hora de elegir un lenguaje con el que implementar un entorno colaborativo. COAST está implementado en VisualWorks Smalltalk y utiliza el protocolo TCP/IP para la comunicación entre procesos; GroupKit está implementado en TCL/TK y también se basa en *sockets* sobre TCP/IP; los sistemas Live y Habanero están íntegramente implementados en Java. Como en estos casos, se ha optado por el lenguaje Java para construir el entorno por varios motivos: para su funcionamiento sobre Internet/Intranet, permitiendo de esta manera aprendizaje a distancia, y por la interoperabilidad que ofrece este lenguaje que puede ser ejecutado en múltiples plataformas mediante su correspondiente máquina virtual.

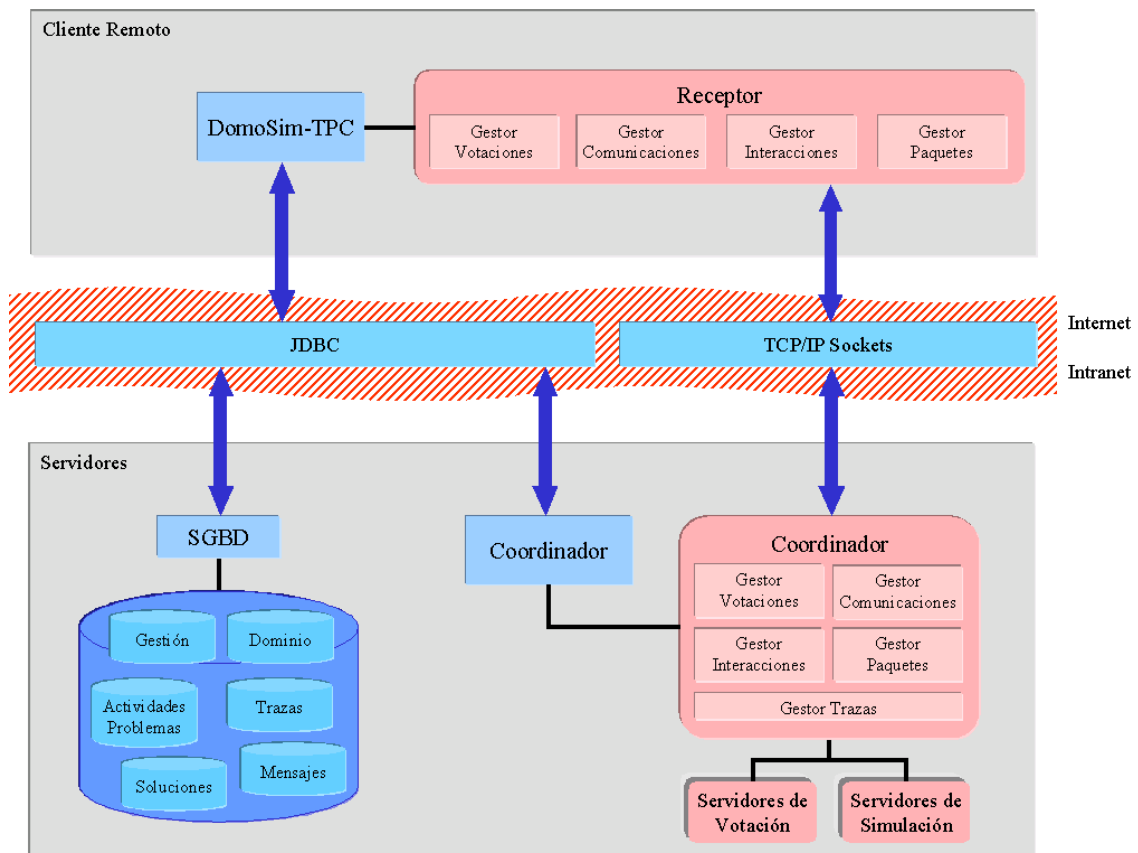


Figura V.1. Arquitectura física detallada del sistema.

³⁰ <http://java.sun.com>

La arquitectura del sistema se basa en un enfoque cliente-servidor (figura V.1). El cliente es el entorno DomoSim-TPC utilizado por profesores y alumnos. Los servidores son el servidor de datos y el de comunicaciones. El primero es un SGBD que almacena toda la información utilizada por el entorno. El segundo, llamado Coordinador, es un programa Java que permite la colaboración síncrona. Para ello mantiene información sobre los usuarios y distribuye sus interacciones. Los datos son accedidos por los clientes y servidores mediante JDBC³¹, y los procesos se comunican entre sí mediante *sockets* orientados a conexión sobre TCP/IP.

El SGBD almacena datos referentes a información de gestión y organización, información técnica relativa al dominio, la colección de problemas y las actividades propuestas, el registro de las intervenciones de los usuarios, llamadas trazas, los modelos diseñados por los usuarios, es decir, las soluciones, y los mensajes intercambiados por éstos. Los SGBD empleados en las pruebas y experiencias con DomoSim-TPC han sido las bases de datos Microsoft Access®³², Oracle®³³, Borland InterBase®³⁴ y MySQL®³⁵. Las aplicaciones DomoSim-TPC y Coordinador utilizan el lenguaje SQL para efectuar operaciones sobre los datos.

A nivel de comunicaciones el funcionamiento del sistema se basa en una arquitectura centralizada (Bravo et al, 2000a). Siguiendo esta alternativa, se tiene una aplicación Java que implementa un proceso que está a la espera de que se produzcan acciones, con el objeto de comunicar a los procesos de los usuarios qué efecto se tiene que producir en su pantalla o en sus datos. Se ha llamado Coordinador tanto a este proceso como a la aplicación que lo lanza. El proceso que trata con él se llama Receptor, y es lanzado por la aplicación DomoSim-TPC que se ejecuta en la máquina del usuario. Los Receptores informan al Coordinador de las acciones que se producen como iniciativa de los usuarios y esperan mensajes del Coordinador para reflejar y procesar acciones de otros usuarios. Por tanto, ambos tipos de procesos son unas veces clientes y otras veces servidores. Las ventajas y desventajas de la alternativa centralizada ya han sido expuestas con anterioridad. Se ha optado por esta alternativa porque para los objetivos perseguidos por este trabajo la fácil sincronización y el sencillo mantenimiento de un estado consistente superan la desventaja de la vulnerabilidad a un fallo del Coordinador y a los cuellos de botella en la red, que son problemas menores si se elige un sistema robusto y unas líneas de comunicación rápidas. Live (Banavar et al, 1998) es un sistema de este tipo que se utiliza con éxito. Soporta una arquitectura centralizada basada en servidor que ofrece varios beneficios similares a los que ofrece DomoSim-TPC: permite a los usuarios que se incorporan a una sesión colaborativa en curso un fácil acceso al estado actual de los objetos compartidos; el servidor actúa como un concentrador de comunicaciones entre clientes, permitiendo que éstos se comuniquen unos con otros; y el servidor se puede utilizar para disponer de objetos persistentes durante sucesivas sesiones colaborativas. Ejemplos de sistemas con arquitectura replicada son GroupKit y COAST.

La sincronización se basa en *sockets*, que se utilizan para realizar conexiones extremo a extremo entre dos procesos de dos máquinas que se conecten a una red. Un *socket* es el

³¹ <http://java.sun.com/products/jdbc>

³² <http://www.microsoft.com/office/access>

³³ <http://www.oracle.com>

³⁴ <http://www.borland.com/interbase>

³⁵ <http://www.mysql.com>

extremo de una comunicación, y va a permitir establecer canales entre los Receptores y el Coordinador por los que enviar y recibir paquetes de datos, llamados tramas, de acuerdo a un protocolo especialmente diseñado.

Durante el trabajo de los usuarios el Coordinador crea instancias de Servidores de Votación y de Servidores de Simulación, que son procesos auxiliares que asisten en las tomas de decisiones y en la simulación del comportamiento de los modelos diseñados. Los Gestores de Votaciones, Comunicaciones, Interacciones, Paquetes y Trazas son objetos que contienen métodos y estructuras de datos que asisten en los procesos correspondientes.

El control de concurrencia se hace a dos niveles: por un lado, el propio SGBD garantiza la integridad y seguridad de los datos almacenados, y por otro, el propio entorno efectúa los controles necesarios para prevenir el acceso a los elementos compartidos. Aunque, como se ha descrito previamente, no se efectúan bloqueos y se sigue un enfoque optimista; esto quiere decir que no se han utilizado primitivas de sincronización, aunque sí se bloquea el uso de los objetos cuando éstos se reservan o seleccionan para ser utilizados, lo que podría producir una selección simultánea conducente a un estado incoherente. En el uso exhaustivo que hemos dado al sistema no se han producido errores por este enfoque optimista de tratamiento de la concurrencia.

V.3. Gestión de las comunicaciones

En esta sección se presentan las diferentes técnicas empleadas para la sincronización de los procesos clientes y servidores y las tramas de datos comunicadas por dichos procesos.

V.3.1. Técnicas de sincronización

Como se ha indicado, la sincronización entre procesos necesaria para la colaboración síncrona se realiza mediante un gestor llamado Coordinador que recibe y distribuye las interacciones de los usuarios. En este apartado se describirán las técnicas empleadas para materializar esta sincronización, como son los *sockets* y los diferentes procesos concurrentes que gestionan las comunicaciones.

Sockets como mecanismo de sincronización

Un *socket* establece una conexión de red entre un proceso cliente y un proceso servidor. Está constituido por la dirección IP del *host* y el puerto que se va a utilizar para llevar a cabo la comunicación. Una vez creados, los *sockets* pueden ser usados por un servidor para esperar indefinidamente el establecimiento de una conexión (*socket* pasivos) o, por el contrario, pueden ser usados por el cliente para iniciar la conexión (*socket* activos). El lenguaje Java proporciona, en el paquete *java.net*, dos clases para programación en red. Estas clases son *Socket* y *ServerSocket*. Vanhelsuwé et al (1997) ofrecen más información sobre los miembros de datos, constructores y métodos de estas clases.

Los *sockets* son el mecanismo que permite establecer canales de comunicación entre el Coordinador y los Receptores para el intercambio de datos. No se ha utilizado RMI porque se ha considerado que los *sockets* ofrecen mayor control y obtienen un mejor rendimiento. RMI está internamente implementado mediante *sockets* y su uso introduciría la utilización de más capas de abstracción que ralentizarían el sistema. Dentro del uso de *sockets* se ha optado por los orientados a conexión sobre el modelo TCP/IP, en lugar de los basados en datagramas (no orientados a conexión) que son más sencillos de gestionar pero que obligarían a detallar el destino de la comunicación en cada envío de un paquete; los primeros son también más seguros porque el propio protocolo se encarga de la gestión de errores de transferencia.

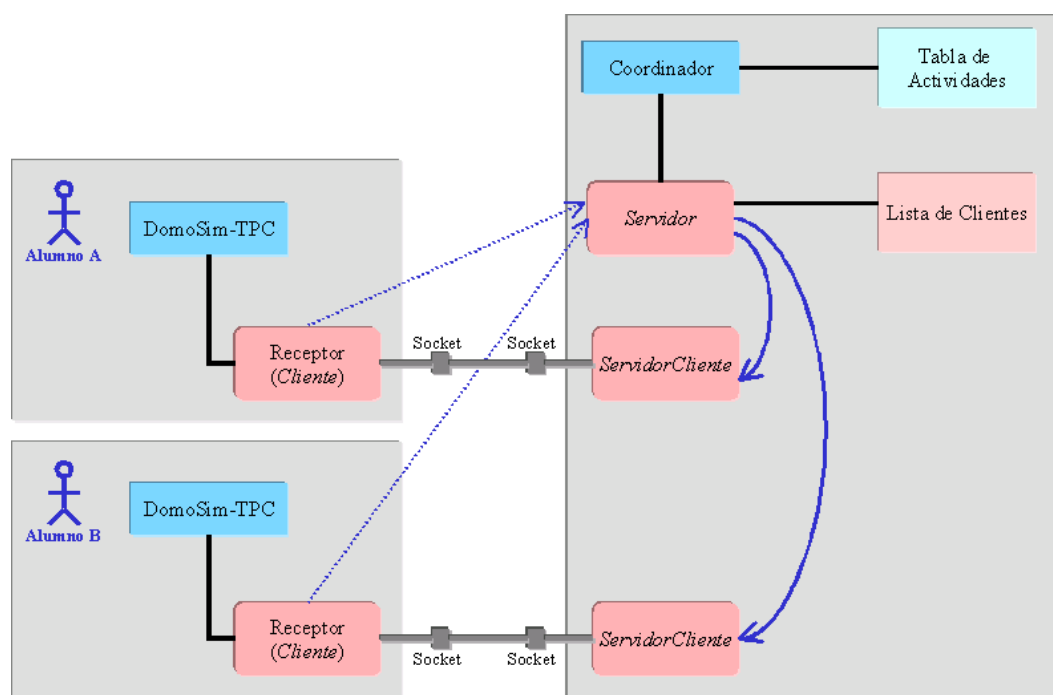


Figura V.2. Estructura de funcionamiento del Servidor Multiproceso para la gestión de las comunicaciones.

Servidor de Comunicaciones Multiproceso

En la implementación efectuada se han definido tres clases de objetos que constituyen una estructura especializada que se ha denominado Servidor de Comunicaciones Multiproceso. Estas clases son las siguientes (figura V.2):

- **Servidor**: Clase que implementa el servidor multiproceso que espera conexiones de los clientes. Esto lo hace creando un objeto de tipo *ServidorCliente* para tratar con cada uno ellos. Su funcionamiento se basa en la clase *ServerSocket* del paquete *java.net* y en el método *accept* de esta clase, que devuelve un *socket* por el que escuchar/escribir cuando el cliente solicita hablar con el servidor. Este servidor multiproceso mantiene una tabla que registra los clientes conectados.

- Cliente: Esta clase implementa el comportamiento de un proceso cliente que inicialmente crea un *socket* para conectarse al servidor multiproceso y queda en un estado de espera indefinida y de tratamiento de los mensajes procedentes del servidor. Esta clase hereda de la clase *Thread* para que este comportamiento se materialice con un proceso independiente. Se basa en la clase *Socket* del paquete *java.net* que permite solicitar la creación de un *socket* para la comunicación con un servidor.
- ServidorCliente: Implementa un proceso independiente que queda, como el cliente, a la espera de mensajes para tratar. Esta clase es el mecanismo multiproceso que permite al servidor tratar individualmente a cada cliente.

En la figura V.2 puede verse la estructura multiproceso de comunicaciones que se consigue con el funcionamiento descrito. Las aplicaciones DomoSim-TPC en ejecución de los diferentes usuarios lanzan un proceso Receptor que es el cliente que demanda tratar con el servidor de comunicaciones, que es un proceso de tipo Servidor iniciado por la aplicación Coordinador. Ante la solicitud de conexión de un primer cliente, el Servidor crea un proceso de tipo ServidorCliente para la comunicación con ese cliente, estableciéndose un canal de comunicación mediante *sockets*. El Servidor mantiene una lista de clientes activos en la que sitúa una referencia al servidor individual del cliente. De esta manera se encarga de distribuir las interacciones colaborativas que efectúan los usuarios dirigidas al Servidor y distribuidas por éste a los usuarios que se encuentran en el mismo grupo. Para ello la lista de clientes almacena el tipo de cliente y la referencia al *socket* por el que éste se comunica. El tipo de cliente es el mecanismo que permite agrupar a los usuarios en grupos mediante la asignación de un número entero (tipo) a cada grupo activo, que queda relacionado con la actividad en la tabla de actividades mantenida por el Coordinador.

Receptor

Consiste en un proceso Cliente utilizado para recibir mensajes del Servidor y para comunicar interacciones del usuario efectuadas con la aplicación DomoSim-TPC.

Coordinador

El Coordinador es una aplicación que lanza un proceso principal, llamado también Coordinador y que se corresponde con la clase Servidor, que satisface las necesidades de comunicación y sincronización. El Coordinador contiene las estructuras de datos y procedimientos necesarios para tratar los diferentes mensajes que el Servidor recibe de los clientes y la distribución de los mensajes que representan interacciones que deben conocer otros usuarios. En este cometido el elemento más importante es una tabla *hash* (figura V.2) que contiene las actividades en las que están trabajando los grupos activos, es decir, los que tienen alguna sesión en curso. Esta tabla *hash* permite una localización rápida de la información que caracteriza a una actividad, a efectos de comunicaciones y de colaboración síncrona, y que es la siguiente:

- Identificador numérico que representa la actividad: Las actividades se representan con un número entero, desde 1 en adelante, para que cuando sea necesario comunicar una actividad por un *socket* no se envíe su identificador, que es una cadena de caracteres, por tratarse de un dato con una longitud excesiva que además es variable, mientras que un número entero en un rango pequeño (0 a 255) puede codificarse con un único carácter.
- Número de usuarios: Cuenta el número de usuarios actualmente conectados a la sesión de diseño.
- Números de identificación de los usuarios: De la misma manera que la actividad es identificada con un número, cada usuario recibe un número al conectarse que lo identificará a partir de ese momento; este dato también permite asignarle un color con el que mostrar su telepuntero, su estado y su nombre en las herramientas colaborativas de diseño.
- Nombres de los usuarios: Se almacenan los nombres de los usuarios para poder mostrarlos en las listas de interacciones y en los paneles de sesión.
- Servidor de Simulación: Identificador que referencia el proceso que efectúa la simulación del modelo diseñado en la actividad.
- Servidor de Votación: Identificador del proceso que dirige los procedimientos de toma de decisión entre los miembros del grupo que desarrolla la actividad.

Servidor de Votación

Una vez definida y propuesta por parte de un usuario una toma de decisión, el Servidor de Votación es un proceso que queda a la espera de que se produzcan los votos, llevando la cuenta de éstos, y de arrojar los resultados de la votación una vez ha concluido ésta. El Servidor de Votación provoca automáticamente la finalización de la decisión si se alcanza un tiempo límite configurable aunque no hayan participado todos los usuarios; esto evita que el sistema quede indefinidamente a la espera de que se concluya la votación.

Servidor de Simulación

Este servidor es un proceso que pone en marcha la simulación colaborativa del modelo domótico diseñado por un grupo en una actividad. Para ello se encarga de dar vida a una serie de procesos: uno para reproducir el comportamiento del entorno ambiental (entorno y vivienda) y un conjunto de procesos para representar cada sistema de regulación. Durante la simulación cambiará el estado de los objetos que conforman el modelo, cambios que serán distribuidos a los usuarios por parte de este servidor y mediante el Servidor de Comunicaciones Multiproceso.

V.3.2. Tramas de datos

La información que se envía y recibe a través de los *sockets* se estructura en tramas de datos. Una trama de datos es, por tanto, un conjunto de datos relacionados que se envían hacia el servidor desde los clientes y que pueden o no ser distribuidos a otros clientes.

Los desarrolladores que diseñan sistemas de *groupware* son conscientes de que el canal de comunicación es el principal cuello de botella, y a menudo minimizan la información que se transmite por este canal (Greenberg et al, 1993). En este sentido, y con la idea de obtener el mayor rendimiento posible en las comunicaciones optimizando la velocidad de transferencia, estas tramas de datos son comprimidas. Para ello se utiliza una codificación de los datos numéricos enteros (*int*), utilizando el código ASCII, que permite representarlos con sólo dos caracteres siempre que se encuentren en un rango determinado, y una codificación de los números reales (*float*) que permite representarlos con cuatro caracteres.

La comunicación realizada entre los componentes descritos sigue un determinado protocolo de envío y recepción de tramas de datos. Se describirá este protocolo con ayuda de tablas que ilustran el intercambio de mensajes entre los usuarios (Receptor) y el Coordinador. En cada tabla (tablas 1 a 6 recogidas en el apéndice 6) se recoge la siguiente información:

- Acción a la que se refiere la interacción.
- Procedimiento realizado por el Receptor, que representa a la aplicación DomoSim-TPC.
- Dirección de la comunicación (dirección de envío de la trama de datos).
- Trama de datos con el detalle de sus componentes.
- Procedimiento realizado por el Coordinador.

Cada componente de la trama de datos se representa entre caracteres *menor que* (<) y *mayor que* (>). Las *llaves* ({ }) se utilizarán para indicar repetición de elementos, sin especificarse en qué número. Los símbolos no terminales serán descritos en la tabla 7 (apéndice 6).

Por su sencillez no se incluyen en este apartado las tramas de datos para la sincronización del Chat genérico de que consta DomoSim-TPC.

Comunicación y coordinación

La tabla 1 (apéndice 6) contiene las tramas de datos utilizadas en las tareas de Comunicación y Coordinación. Estas tareas se refieren a la utilización del Chat Dirigido, tanto el empleado durante el diseño como el que aparece en la simulación. Las acciones posibles son todos los tipos de comunicación que ofrece este chat. Cuando los usuarios se comunican envían sus mensajes al Coordinador y éste los distribuye a los restantes usuarios del grupo. El Receptor necesita incluir en la trama de datos la identificación de la actividad, que posibilita que el Coordinador localice los usuarios que están trabajando en ella, y la identificación del usuario, para que los destinatarios sepan quién es el origen del mensaje. Esta técnica se seguirá en todas las tareas colaborativas.

Toma de decisiones

La tabla 2 (apéndice 6) muestra las tramas empleadas por la Herramienta de Toma de Decisiones, también llamada Herramienta de Voto. Las tramas se han clasificado de acuerdo a las acciones de definición de votación, realización de voto y muestra de resultados de la votación, así como respecto a la utilización especial de esta herramienta

para sincronizar la navegación del grupo por los subespacios mediante las acciones de proponer el acceso al subespacio y el procesamiento del resultado de esta votación. Para realizar la cuenta de votos y el cálculo y presentación de resultados, el Coordinador lanza un proceso llamado Servidor de Votación para cada toma de decisión en curso.

Reparto de tareas

En la tabla 3 (apéndice 6) se detallan las tramas de datos relativas al Reparto de Tareas. Las acciones se agrupan en las relativas al establecimiento del criterio de reparto, a la asignación de tareas y al acceso y salida del subespacio de Reparto. Puede verse que el diálogo Receptor-Coordinador es un reflejo del diálogo efectuado por los usuarios en los procesos de proposición y de manifestación de acuerdo/desacuerdo.

Parametrización

En la tarea de Parametrización se emplean tramas relativas a la acción principal de asignación de valor a los parámetros (apéndice 6, tabla 4), junto con las acciones de acceso a este subespacio y salida. La asignación de valor a un parámetro puede realizarse de acuerdo a dos modelos de colaboración (Basado en Propuestas y Democrático), tal y como se ha expuesto en el apartado dedicado a este subespacio.

Diseño

En la tabla 5 (apéndice 6) se muestran las tramas de datos que intercambian el Receptor y el Coordinador durante la tarea de diseño en el subespacio correspondiente. Las diferentes acciones están relacionadas con la entrada y salida del subespacio de diseño y con el trabajo sobre la pizarra electrónica mediante manipulación directa de objetos.

Simulación

En la tarea de simulación se distinguen dos fases: (1) la selección de casos y gestión de hipótesis y (2) la propia simulación. Las primeras acciones que se detallan en la tabla 6 (apéndice 6) son las relativas a la primera fase; posteriormente se recogen las relacionadas con la simulación del modelo, comenzándose con los eventos generados por el sistema para continuar con los eventos generados por los usuarios mediante las acciones correspondientes. En la fase de simulación el Coordinador crea un proceso Servidor de Simulación para desarrollar el comportamiento del modelo.

La tabla 7 (apéndice 6) contiene una descripción de los símbolos no terminales de la gramática que queda descrita con este protocolo de comunicación; estos símbolos son los que comienzan por una letra minúscula. Las tramas de datos son siempre cadenas de caracteres, por tanto el tipo de dato de cada símbolo se convierte a cadena de caracteres cuando se trate de un dato numérico. Ya se ha expuesto que los elementos numéricos (ya

sean enteros o reales) que representan más de un dígito pueden representarse con uno o unos pocos caracteres utilizando un procedimiento de compresión o codificación.

V.4. Configuración e instalación del sistema

El sistema es configurable y permite adaptarse para el trabajo desde cualquier ubicación accediendo a cualquier dirección IP en la que se encuentren los servidores, tanto de datos como de comunicaciones.

El sistema funciona con la máquina virtual de Java versión 1.2 y superiores. Aunque debido a defectos en la implementación por parte de Sun³⁶, el funcionamiento es óptimo con la máquina virtual versión 1.3.0-C, que puede instalarse a partir del JDK 1.3.0³⁷. Una vez instalados la máquina virtual y el sistema en cualquier directorio, para iniciar DomoSim-TPC es preciso ejecutar el archivo de proceso por lotes *domosim.bat*, suministrando dos parámetros: el primero indica el tipo de base de datos en la que residen los datos y el segundo indica la dirección IP del SGBD. La dirección del programa Coordinador se almacena en la propia base de datos.

El sistema puede ser accedido desde una página web, para lo que ha sido necesario firmar digitalmente el *applet* principal de manera que los navegadores permitan conexiones JDBC remotas y la utilización de *sockets*. El fichero HTML que inicia la aplicación contiene el código necesario para cargar el *plug-in* que descarga e instala la máquina virtual, no siendo necesario en este caso la instalación del *Runtime* de Java.

En el Manual de Usuario de DomoSim-TPC puede recabarse más información relativa a la configuración e instalación del entorno.

V.5. Resultados obtenidos

En este capítulo se ha descrito cómo emplear la tecnología para desarrollar un sistema que cumpla con los objetivos planteados. Los sistemas colaborativos necesitan una cuidadosa y estudiada aplicación de la tecnología debido a las dificultades y especiales circunstancias que conllevan. Estas dificultades aumentan de manera especial en el entorno DomoSim-TPC, debido, entre otros motivos, a su aplicación a un dominio complejo y por emplear simulación en tiempo real. Entre las dificultades que se han vencido, relativas al trabajo en tiempo real, se encuentran la necesaria realimentación rápida de las acciones, el mantenimiento de funcionalidades de *awareness*, la simulación en tiempo real, la sincronización en el desplazamiento entre diferentes espacios de tareas, etc.

³⁶ <http://www.sun.com>

³⁷ <http://java.sun.com/j2se>

Para poder implementar el sistema propuesto se ha recurrido a definir y caracterizar los siguientes componentes:

- Un lenguaje de programación para construir los programas: Se ha elegido Java.
- Una arquitectura que describa la distribución física de los componentes y las tecnologías de red empleadas: Se utiliza el modelo TCP/IP en redes Internet/Intranet y un esquema cliente-servidor.
- Un SGBD que gestione la información: Se han empleado diferentes gestores de datos relacionales utilizando un modelo de datos relacional.
- Una arquitectura de comunicaciones: Basada en un enfoque centralizado.
- Técnicas de sincronización: Basadas en la utilización de *sockets* para establecer canales de comunicación por los que enviar y recibir los datos.
- Tramas de datos: Para estructurar los datos que se transfieren por los canales de comunicación.

Finalmente se ha realizado un proyecto de desarrollo de software que ha dado lugar a la implementación de los subsistemas descritos.

Capítulo VI. Evaluación del Sistema y Experiencias

La evaluación de un producto informático y la realización de experiencias reales que justifiquen su desarrollo son tareas importantes en el ciclo de vida de un proyecto de software. En este capítulo se presenta, en primer lugar, el proyecto de desarrollo de software que ha dado lugar a DomoSim-TPC, describiéndose los diferentes prototipos obtenidos a lo largo del tiempo. A continuación, se tratará el aspecto de la evaluación, indicándose las diferentes técnicas empleadas como la Evaluación Formativa y la Evaluación Heurística. Finalmente, se describirán las diferentes experiencias de evaluación y de uso real efectuadas con el entorno informático.

VI.1. Planteamiento del problema y estrategia de resolución

En este capítulo se va a describir cómo se ha resuelto la problemática de evaluar el entorno informático DomoSim-TPC. La evaluación de un producto informático comienza desde su concepción, y se va realizando durante todas las etapas del desarrollo.

La práctica de la evaluación envuelve a una colección sistemática de información acerca de las actividades, características y resultados de programas, personas y productos para reducir la incertidumbre, mejorar la efectividad y tomar decisiones sobre qué hacer con los programas, personas o productos para que sean efectivos. Como indican Cooley & Lohnes (1976), una evaluación es un proceso mediante el cual se recogen datos relevantes y se transforman en información para la toma de decisiones.

Según Baker et al (2000), el *groupware* es difícil de evaluar, y en particular no existen metodologías de evaluación de la usabilidad que detecten problemas específicos en un sistema para trabajo en grupo. Pero hay que tener en cuenta que no sólo hay que probar la usabilidad de un sistema. La usabilidad es sólo una de las formas de probar los productos software. Según Yourdon & Constantine (1979), es necesario probar distintos atributos: confiabilidad, capacidad de mantenimiento, capacidad de modificación, eficiencia y usabilidad.

DomoSim-TPC, en su desarrollo técnico, ha sido sometido a pruebas de acuerdo a los principios de la Ingeniería del Software, siendo realizadas por los desarrolladores diferentes pruebas de caja blanca y de caja negra. Para evaluar el producto y validarlo se ha recurrido a la utilización del entorno por parte de diferentes tipos de usuarios y al análisis de las experiencias realizadas, detectando defectos y produciendo mejoras, lo que ha dado lugar a nuevas versiones a las que llamaremos prototipos. Los usuarios que han participado han sido expertos en el dominio, profesores y alumnos.

En la evaluación global del entorno nos hemos basado en diferentes técnicas:

- Diseño participativo, iterativo y basado en prototipos: El tipo de diseño que se ha seguido hasta producir el sistema final hace participar al usuario desde las primeras etapas y se realiza en varios ciclos que permiten evolucionar el sistema, obteniéndose en cada iteración un prototipo susceptible de evaluación.
- Evaluación formativa y heurística: Estos tipos de evaluaciones se utilizan para detectar fallos en el sistema e introducir mejoras.
- Realización de experiencias: Mediante la realización de experiencias concretas pueden evaluarse aspectos específicos del software, y mediante experiencias de uso reales pueden detectarse circunstancias que de otro modo no se detectarían y que dan lugar a la corrección o actualización del sistema.

La Evaluación Sumativa es otro tipo de evaluación que intenta probar algún aspecto formal del sistema o de las técnicas utilizadas en él (Mark & Greer, 1993). Su objetivo es valorar la efectividad total del sistema completo. Según Barros (1999), este tipo de evaluación no es de uso habitual en aplicaciones de aprendizaje colaborativo. Por otra parte, al emplear formalismos su aplicación a un sistema altamente interactivo y complejo como DomoSim-TPC sería una tarea difícil. Por todo ello, esta evaluación no se ha aplicado a DomoSim-TPC en esta investigación, dejando pendiente su utilización para futuros trabajos.

Los diferentes prototipos producidos, las experiencias realizadas en situaciones reales de enseñanza y las diversas evaluaciones aplicadas al sistema se describen en las siguientes secciones.

VI.2. Desarrollo del sistema

El desarrollo del entorno DomoSim-TPC ha tenido en cuenta al usuario desde el principio y se ha efectuado en varias fases que se repetían en iteraciones que han conducido a la obtención de diversos prototipos. Por tanto, este desarrollo se basa en las siguientes técnicas:

- Diseño iterativo: El diseño se realiza en varios ciclos de desarrollo análisis-diseño-construcción-análisis que permiten hacer evolucionar el sistema. En cada ciclo se ha actualizado el sistema, por ejemplo, mejorando la interfaz, incorporando nuevas funcionalidades en los espacios de trabajo, introduciendo nuevos modos de colaboración, modificando los protocolos de colaboración, estructurando la interacción, mejorando la transición entre espacios, etc.
- Prototipado: Esta técnica consiste en la elaboración de un modelo o maqueta del sistema que se construye para evaluar mejor los requisitos que debe cumplir. Los prototipos se utilizan, por ejemplo, para crear una interfaz de usuario no definitiva, obtener modelos de rendimiento o realizar prototipado funcional (Flaaten et al, 1989). El prototipo supone una versión del sistema con funcionalidad limitada, y a medida que se comprueba que las funciones implementadas son las apropiadas, se corrigen, refinan o se añaden otras nuevas hasta llegar al sistema final en un proceso iterativo. Como se mostrará, en DomoSim-TPC se han utilizado y evaluado diversos prototipos.

- **Diseño participativo:** Se ha seguido un proceso de diseño que involucra al usuario desde el inicio del proyecto de desarrollo (Gould & Lewis, 1985; Greenbaum & Kyng, 1991; Karat, 1997), probándose y evaluándose el sistema con usuarios reales desde sus primeras versiones. En este caso el usuario es tanto el alumno al que va dirigido el sistema como el profesor o experto en el dominio que han participado en el desarrollo.
- **Evaluación formativa y heurística:** En el diseño participativo se han efectuado estos dos tipos de evaluaciones. La primera estudia los entornos de enseñanza en las etapas iniciales de desarrollo para mejorar su efectividad y aspecto, y la segunda es un método que trata de detectar problemas potenciales de usabilidad en las interfaces de usuario.

A continuación se describirá este proceso, perfilando el horizonte temporal que delimita el desarrollo, para presentar después los prototipos obtenidos. La evaluación del entorno se expondrá en la siguiente sección.

VI.2.1. Horizonte temporal

El desarrollo del entorno informático DomoSim-TPC se ha extendido durante cuatro años (figura VI.1), periodo que se extiende desde enero del año 1998 hasta diciembre del 2001. Planteado el objetivo de desarrollar el entorno informático DomoSim-TPC, y especificados los requisitos de los usuarios, el desarrollo inicial tomó diez meses hasta obtener el primer prototipo que pudiera ser utilizado y evaluado.

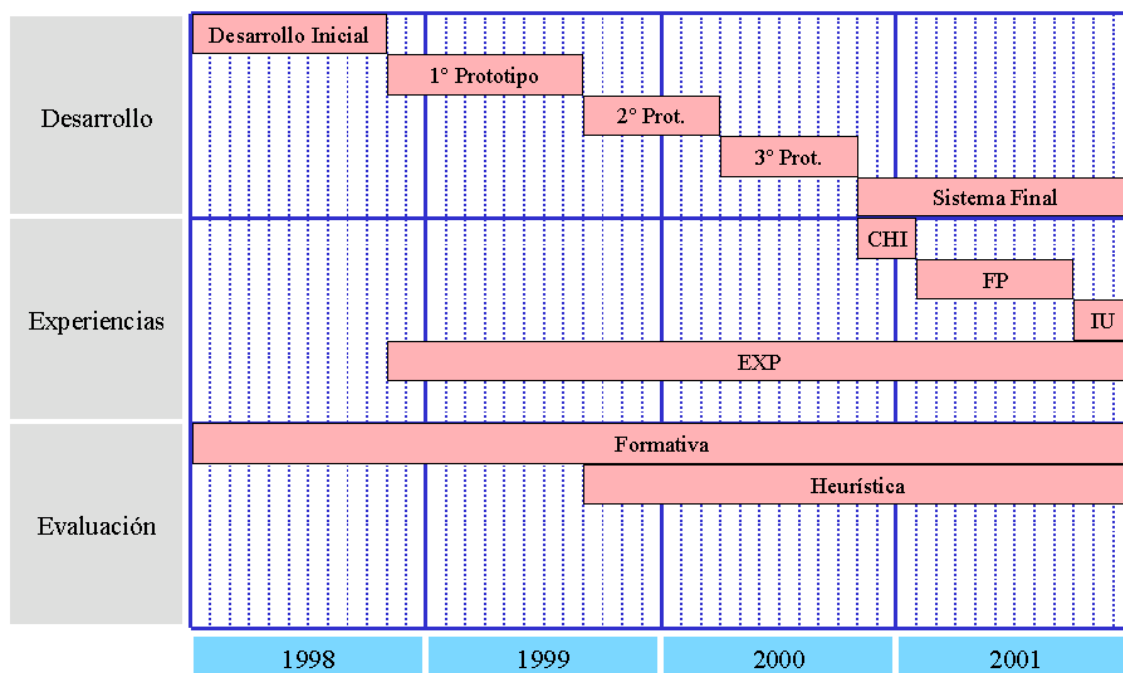


Figura VI.1. Evolución de DomoSim-TPC.

VI.2.2. Prototipos

El prototipo inicial de la aplicación se obtuvo en noviembre de 1998, aunque anteriormente ya existían prototipos parciales para ciertas funcionalidades que permitieron tomar algunas decisiones de implementación, como por ejemplo la utilización de *sockets* y tramas de datos para materializar la sincronización. En este apartado se describen las funciones que se fueron desarrollando e incorporando en los diferentes prototipos.

Primer prototipo

El primer prototipo se utilizó para contrastar el sistema con expertos en el dominio y profesores y evaluar tanto la corrección del modelo de Domótica desarrollado como la herramienta colaborativa de diseño, comprobando en este último caso el rendimiento del sistema de sincronización que soportaría el diseño en tiempo real. En relación a las opiniones y sugerencias de estos evaluadores se corrigieron e incorporaron diferentes funcionalidades en DomoSim-TPC.

En este primer prototipo todavía no se había modelado el proceso de diseño mediante un protocolo de colaboración y, por tanto, no se habían identificado los subespacios de Reparto de Tareas y Parametrización. El espacio de Simulación era un espacio de trabajo independiente del de Diseño, al que había que acceder desde el menú principal de la aplicación.

El Chat Dirigido de este primer prototipo tenía el aspecto que puede verse en la figura VI.2. Este chat no contenía la posibilidad de incluir texto libre, que sería incluida posteriormente, y los tipos de mensajes eran sensiblemente diferentes a los que tendría en el futuro.

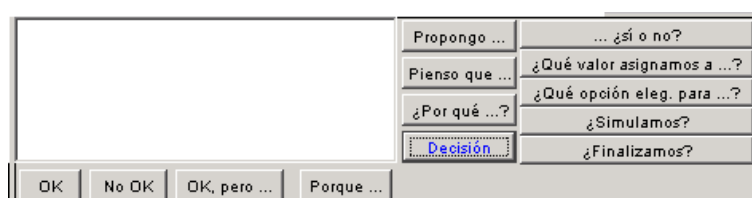


Figura VI.2. Chat Dirigido del primer prototipo.

Las herramientas del Nivel de Organización sí estaban disponibles y fueron objeto de evaluación por parte de los profesores. Otras funcionalidades como la posibilidad de consultar el enunciado del problema, el planteamiento de actividades, la disponibilidad durante el diseño de la Herramienta de Voto, la Agenda de Sesiones, la consulta del plan abstracto, la generación de un primer modelo a partir de este plan, etc., fueron incorporándose en los siguientes prototipos.

Segundo prototipo

En el segundo prototipo se incorporó un protocolo de colaboración formado por cuatro subespacios: Reparto, Parametrización, Diseño y Simulación. El espacio de trabajo

correspondiente a este último subespacio puede verse en la figura VI.3. En aquel momento sólo podía realizarse la simulación del área de gestión del Confort Térmico, ya que las otras áreas de gestión no estaban aún implantadas en el simulador.

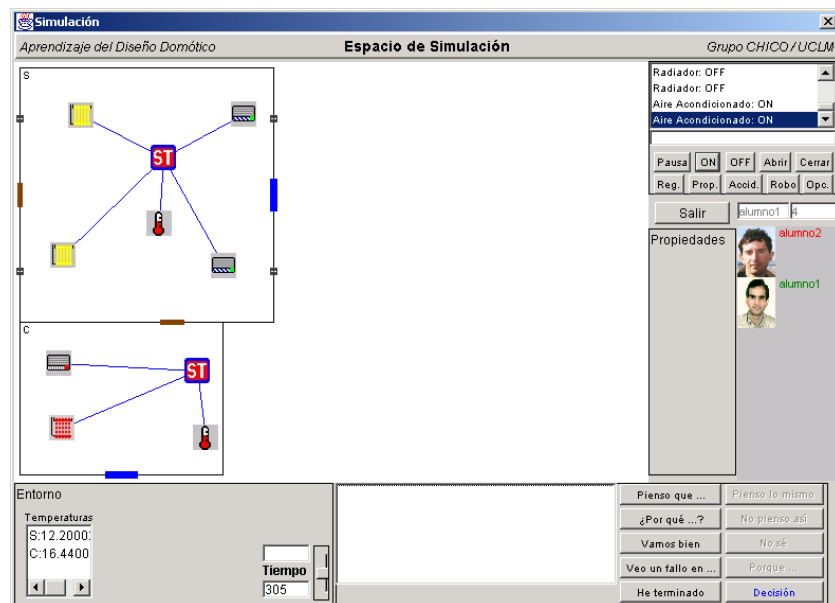


Figura VI.3. Subespacio de Simulación en el segundo prototipo.

Los expertos y profesores validaron la línea seguida en el primer prototipo. A partir de sus indicaciones el siguiente paso, plasmado en el segundo prototipo, consistió en mejorar el modelo de Domótica, enriqueciendo las propiedades del problema con información relativa al entorno medioambiental, a la vivienda asociada al problema y a diferentes restricciones y necesidades que daban sentido y mayor complejidad a la solución a un problema. Esto acercaba el modelo desarrollado a la situación real a la que se pretendía dar respuesta. Al contener el problema tantos datos, se hizo necesaria la posibilidad de consultar su enunciado desde la Herramienta de Diseño con la pulsación de un botón.

Junto con la ampliación en los datos del problema, este prototipo incluía la posibilidad de proponer actividades de resolución de problemas mediante una herramienta específica, así como una Agenda de Sesiones para la coordinación entre los alumnos y el profesor para la realización de las actividades en el calendario previsto.

El Chat Dirigido del segundo prototipo había cambiado con respecto a la versión anterior, conteniendo la posibilidad de enviar texto libre. Esto se hizo, en primer lugar, por petición de los usuarios y, en segundo lugar, para no limitar o estructurar excesivamente las posibilidades de comunicación. Los actos de comunicación habían sido refinados partiendo de las opiniones de los usuarios. Este chat también incluía un botón para invocar la Herramienta de Voto, que permitía la coordinación y la toma de decisiones.

Para dar mayor flexibilidad al entorno de cara a su instalación se añadió la posibilidad de configurar la ubicación del programa Coordinador y el *timeout* utilizado en los procesos de votación. Como se ha comentado en otros capítulos, en paralelo con esta investigación se ha efectuado otra que trata la planificación previa del diseño mediante un lenguaje de representación intermedio con mayor nivel de abstracción. En este prototipo se introdujo la

posibilidad de consultar de manera gráfica este plan trazado por los alumnos facilitando la realización de la estrategia consensuada de diseño.

Tercer prototipo

Este último prototipo se acerca bastante a la versión final del sistema. La gran aportación de éste consistió en la incorporación del protocolo de colaboración de cinco subespacios, aunque el subespacio previo a la simulación era un subespacio de casos que aún no contenía hipótesis.

El modelo de Domótica se refinó incorporando, sobre todo, información requerida para obtener un comportamiento más real de los sistemas domóticos durante la simulación. En concreto se incorporó al plano de la vivienda un coeficiente de pérdida de temperatura en puertas y ventanas y se incluyeron tablas para calcular el incremento de temperatura que se producía (positivo o negativo) en función del volumen de la habitación y de otros datos.

Por otro lado, en el problema se incluyeron casos prefijados de simulación (figura VI.4). Esto da lugar a que antes de la simulación los alumnos seleccionen el caso a simular, pudiéndose proponer otro nuevo. La necesidad de sincronización en el inicio y finalización de la simulación colaborativa de un caso llevó a introducir el Panel de Finalización de la Simulación en este subespacio.

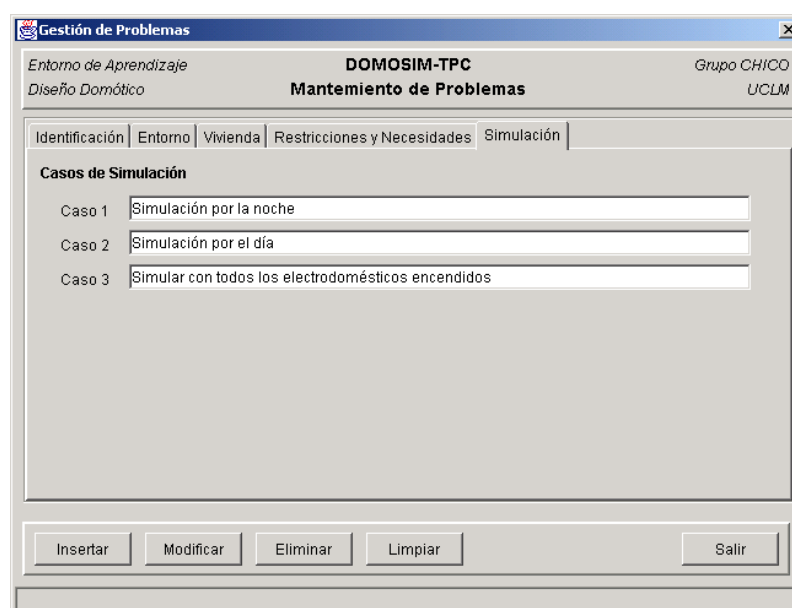


Figura VI.4. Sección de simulación en los datos del problema del tercer prototipo.

En relación con el Reparto de Tareas, se introdujo la función de Integración que permitía el trabajo independiente de los usuarios en una parte del problema y la posterior integración de las partes. También se incorporó el sistema de ayuda que orientaba a los usuarios durante el trabajo, aportando sugerencias al acceder a la simulación o al diseño para solucionar errores en función del nivel de ayuda de la actividad. Anteriormente, el Chat Dirigido utilizado en la simulación contenía los mismos tipos de mensajes que en el resto de las tareas, pero en este tercer prototipo se sustituyeron los mensajes *Vamos bien* y *He terminado* por los de *Mirad ...* y *Voy a ...*, para completar las opciones de comunicación que llevan a la discusión sobre la simulación y al descubrimiento.

Sistema final

El sistema final corregía errores de funcionamiento del tercer prototipo e introducía pequeñas mejoras en la interfaz y en el rendimiento del sistema. Una de estas mejoras consistió en perfeccionar la percepción de la navegación experimentada por el grupo a través de los espacios de trabajo. Las mejoras en el rendimiento se referían fundamentalmente a la optimización de los procedimientos de sincronización y a la reducción en tamaño de las tramas de datos comunicadas, para lograr la máxima velocidad de transferencia y capacidad de procesamiento del Coordinador síncrono.

En el subespacio de Simulación se incluyeron hipótesis para favorecer el proceso de aprendizaje por descubrimiento de los aprendices (figura VI.5). Estas hipótesis debían ser confirmadas o rechazadas al terminar la simulación de un caso. Junto con esta nueva funcionalidad se requería también la posibilidad de detener la simulación en un momento determinado para razonar sobre lo experimentado y posteriormente discutir sobre la verificación de hipótesis. Esta pausa podía ser realizada por el profesor cuando estaba presente en la sesión de trabajo.

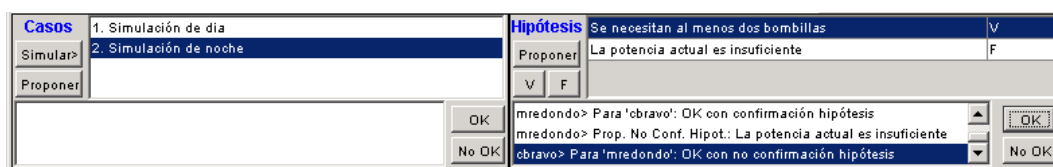


Figura VI.5. Áreas de Casos e Hipótesis en el sistema final.

Se dio la posibilidad de que las interacciones de simulación fuesen efectuadas por un único usuario, frente a la alternativa que se venía empleando en la que cualquier usuario podía intervenir en cualquier momento. En este caso, este usuario era el alumno que había propuesto la simulación del caso, siendo así elegido por consenso.

Finalmente, las herramientas de Consulta de Trazas y de Análisis vinieron a completar el entorno DomoSim-TPC con la posibilidad de revisar, evaluar y analizar las experiencias de resolución de problemas seguidas por los alumnos.

VI.3. Evaluación del sistema

El objetivo de la evaluación es detectar fallos y mejoras en el sistema, así como investigar cómo los usuarios colaboran mediante el entorno desarrollado. Se necesita, por tanto, recoger datos procedentes de la ejecución del sistema y de los prototipos y transformarlos en información con significado. Esta evaluación debe hacerse desde diferentes perspectivas, considerando la opinión de profesores y expertos en Domótica y de alumnos que hayan cursado o estén cursando esta asignatura y utilicen el entorno para realizar prácticas.

El método de evaluación empleado se basa en una mezcla entre diferentes técnicas. En este análisis se han utilizado diferentes cuestionarios de evaluación para recabar la información de los usuarios. A continuación se describirán más profundamente la

Evaluación Formativa y la Evaluación Heurística, aplicando las reglas de esta última al entorno DomoSim-TPC.

VI.3.1. Evaluación Formativa

Tessmer (1993) define la Evaluación Formativa como el juicio de la fortaleza o debilidad de los entornos de enseñanza en sus etapas de desarrollo para mejorar su efectividad y aspecto. Al mismo tiempo indica cuatro tipos de evaluación formativa:

- Revisión del experto: Es la que realiza el experto con o sin la presencia del evaluador.
- Evaluación uno a uno: Cada alumno revisa el entorno de enseñanza con el evaluador comentando dicha revisión.
- Grupos pequeños: El evaluador prueba el entorno de enseñanza con un grupo pequeño de alumnos y registra sus comentarios.
- Test: El evaluador observa la prueba del entorno en una situación real con un grupo de alumnos.

La Evaluación Formativa se aplica a todo el ciclo de desarrollo, abarcando desde el inicio del proceso hasta la conclusión. Está orientada a las necesidades inmediatas de los desarrolladores para mejorar el diseño y el comportamiento de un sistema (Mark & Greer, 1993). Sirve para obtener información detallada de lo que se puede modificar y mejorar en la funcionalidad del sistema. Se trata de encontrar fallos lo suficientemente pronto como para que los cambios que haya que hacer no afecten al proceso. En este tipo de evaluación se consideran tanto características generales como detalles específicos (diseño de la interfaz, rendimiento, etc.). En la figura VI.1 puede comprobarse que esta evaluación se ha extendido sobre todo el desarrollo de DomoSim-TPC.

VI.3.2. Evaluación Heurística

La Evaluación Heurística es un método de evaluación ampliamente aceptado para diagnosticar problemas potenciales de usabilidad en las interfaces de usuario (Nielsen, 1992; Nielsen, 1993; Nielsen & Molich, 1990). Implica una metodología en la que un pequeño grupo de expertos inspeccionan visualmente una interfaz y juzgan su conformidad con principios reconocidos de usabilidad, como por ejemplo *Proporcionar realimentación* o *Utilizar el lenguaje del usuario* (Nielsen, 1994a). Las heurísticas son reglas generales utilizadas para describir propiedades comunes de las interfaces usables (Nielsen, 1994b), que ayudan a los evaluadores a centrar su atención en los aspectos de la interfaz que a menudo son fuente de problemas, realizando una fácil detección y predicción de problemas de usabilidad. Estos evaluadores utilizan su intuición y experiencia partiendo de un conjunto de principios de diseño y de criterios de uso.

Baker et al (2000) han desarrollado un conjunto de heurísticas con el objetivo de ayudar a los expertos en la evaluación de sistemas de *groupware* basados en espacios de trabajo compartidos que permiten a usuarios remotos la comunicación y la colaboración con artefactos en un medio visual. Estas reglas heurísticas extienden el *framework* Mecánica de la Colaboración propuesto por Gutwin & Greenberg (2000) para este mismo propósito. Este *framework* describe las acciones de bajo nivel y las interacciones que pequeños grupos de personas efectúan cuando tienen que completar una tarea con

efectividad. Estas acciones básicas incluyen la comunicación, coordinación, planificación, monitorización, asistencia y protección. La idea subyacente al *framework* es que mientras algunos problemas de usabilidad en sistemas de *groupware* están fuertemente relacionados con aspectos sociales u organizativos, otros son el resultado de un soporte insuficiente para las actividades básicas de trabajo colaborativo en espacios compartidos.

Las heurísticas de evaluación propuestas por estos autores para la evaluación de un sistema de *groupware* recogen las características que este tipo de sistemas deben presentar. Las reglas son las siguientes:

- H1 / Proporcionar los medios para una apropiada comunicación verbal e intencional: En la colaboración cara-a-cara la forma habitual de comunicación es la conversación verbal. A los mecanismos de adquisición de información mediante intercambios verbales se les conoce como *comunicación intencional* (Clark, 1996), y son utilizados típicamente para establecer un entendimiento común de la tarea a realizar.
- H2 / Proporcionar los medios para una apropiada comunicación gestual e intencional: Los gestos explícitos y otras acciones visuales también se utilizan junto con los intercambios verbales para realizar comunicación intencional. Tang (1988) observó que los gestos juegan un papel destacado en todas las actividades realizadas por equipos de diseño que colaboran sobre superficies de trabajo, suponiendo alrededor del 35 % de todas las acciones.
- H3 / Proporcionar la comunicación resultante de percepción de las personas: Las interacciones corporales con un espacio de trabajo físico son una fuente de información compleja con muchos grados de libertad. Observar a los otros usuarios trabajar es un mecanismo primario para recoger información de *awareness*.
- H4 / Proporcionar la comunicación resultante de la manipulación de artefactos compartidos: En la colaboración cara-a-cara, cuando los individuos manipulan artefactos arrojan información no intencional (Dix et al, 1993). Esta información se denomina *feedback* (realimentación) cuando informa a la persona que manipula el artefacto, y *feedthrough* cuando informa a los usuarios remotos que están observando.
- H5 / Proporcionar protección: En la colaboración cara-a-cara ciertas limitaciones físicas impiden a los participantes la interacción concurrente en un espacio de trabajo compartido. Por el contrario, el *groupware* posibilita a los colaboradores a actuar en paralelo dentro del espacio de trabajo y manipular objetos compartidos de manera simultánea. Estos accesos concurrentes al espacio compartido ayudan a negociar el uso del espacio.
- H6 / Gestionar la colaboración de manera estricta y flexible: El acoplamiento es la cantidad de trabajo que puede hacer un usuario antes de necesitar discusión, instrucción, información o consulta de otra persona. Las personas se desplazan continuamente desde una colaboración estricta a una flexible cuando se desplazan de manera fluida desde el trabajo individual al trabajo en grupo. Para gestionar estas transiciones deben ofrecerse mecanismos que permitan centrar la atención en diferentes partes del espacio de trabajo cuando se está efectuando trabajo individual para mantener *awareness* de los demás.
- H7 / Permitir a los usuarios coordinar sus acciones: Una parte esencial en la colaboración cara-a-cara es la mediación en la interacción de los miembros del grupo, por ejemplo para mantener diferentes turnos y negociar la compartición del espacio de trabajo común (Tang, 1991). Debe ofrecerse soporte para organizar y coordinar las acciones y evitar conflictos con los demás, de manera que se complete la tarea eficientemente. Coordinar las acciones supone garantizar que las tareas se produzcan en el orden correcto y en el momento correcto.

- H8 / Facilitar la búsqueda de colaboradores y el establecimiento de contacto: En las comunidades electrónicas las personas están distribuidas. Por tanto, se necesita poder determinar quién trabaja con el usuario y su disponibilidad para iniciar una sesión de *groupware* en tiempo real.

Heurística	Soporte típico del <i>groupware</i>	Soporte de DomoSim-TPC
H1	-La mayoría de los sistemas con espacios de trabajo visuales no admiten comunicación verbal directamente. -Una posible aproximación para proporcionar un intercambio verbal es disponer de un enlace digital de audio/vídeo o de funciones de chat de texto entre los participantes.	-Chat -Chat Dirigido
H2	-Al estar las personas separadas por la distancia, los gestos son invisibles a menos que sean directamente soportados por el sistema. -El <i>groupware</i> suele materializar esto con alguna representación de la persona. Estas técnicas incluyen telepunteros, imágenes de vídeo e imágenes sintéticas.	-Telepunteros -Fotografía del usuario
H3	-El objetivo es capturar y transmitir tanto las dinámicas más explícitas como las más sutiles que ocurren entre los participantes colaboradores.	-Telepunteros -Representación del estado del usuario
H4	-Al más bajo nivel el espacio de trabajo virtual compartido debe visualizar la realimentación del usuario local a todos los usuarios remotos. -Cuando se produce un evento de manipulación directa se debe mostrar no sólo la posición final sino la selección del objeto y los pasos intermedios de su movimiento.	-Telepunteros -Realimentación textual de las interacciones -Realimentación visual de la manipulación directa
H5	-Muchos sistemas de <i>groupware</i> dan a los colaboradores los mismos derechos sobre los objetos. Para proteger éstos se confía en las habilidades naturales de las personas para anticipar acciones y resolver interacciones conflictivas. -El papel de los sistemas se limita a proporcionar <i>awareness</i> de las acciones de los otros y realimentación de los objetos compartidos.	-Control optimista de concurrencia sobre objetos
H6	-La aproximación WYSIWIS asegura que las personas perciben las actividades de las otras, pero a menudo es limitada cuando éstas se desplazan frecuentemente desde un trabajo individual a un trabajo compartido. -Los sistemas más recientes permiten a los usuarios cambiar su vista independientemente, permitiendo visualizar los objetos que les interesan (WYSIWIS relajado). Sin embargo, cuando esto se produce las acciones que se producen fuera de la vista no se ven. Para evitar esto se utilizan las <i>vistas de radar</i> .	-WYSIWIS estricto -Telepunteros, estado y realimentación textual y visual -Realimentación de los cambios de espacio de trabajo
H7	-Generalmente los usuarios tienen habilidades para coordinar la comunicación e interacción con otros. -Las herramientas utilizadas para soportar la colaboración no deberían imponer una estructura que gestione la interacción, deben permitir que los propios participantes utilicen sus habilidades para coordinar su comunicación y colaboración empleando las herramientas.	-Herramienta de Toma de Decisiones -Chat Dirigido
H8	-Las aplicaciones de <i>groupware</i> deben reducir la barrera que inhibe los encuentros informales. -Se debe proporcionar información para encontrar fácilmente a los colaboradores potenciales y determinar su disponibilidad para el trabajo en grupo. -Si los colaboradores están dispuestos a entablar una sesión de <i>groupware</i> , debe poderse iniciar el contacto con un esfuerzo mínimo.	-Correo Electrónico -Agenda de Sesiones

Tabla VI.1. Soporte del *groupware* y de DomoSim-TPC en relación con algunas heurísticas de evaluación.

La evaluación heurística de DomoSim-TPC se inició con el segundo prototipo y se extendió hasta el final del desarrollo (figura VI.1). En la tabla VI.1 se indica cuál es el típico soporte que proporcionan las aplicaciones de *groupware* para cada regla heurística y cuál es el que incluye DomoSim-TPC. Esto permitirá evaluar la usabilidad de este entorno desde la propuesta que supone este conjunto de heurísticas.

Para la comunicación verbal e intencional DomoSim-TPC ofrece una herramienta de charla tradicional (chat) y otra basada en mensajes estructurados (Chat Dirigido). Para la comunicación gestual e intencional incluye diferentes técnicas de *awareness*, como un panel con las fotos de los miembros de la sesión y telepunteros para saber qué hacen los usuarios. Transmite la comunicación resultante de la percepción de las personas mediante telepunteros y el estado de cada usuario. La comunicación relativa a la manipulación de artefactos compartidos se consigue también mediante telepunteros y con realimentación textual y visual de las interacciones. DomoSim-TPC realiza un control de concurrencia optimista sobre objetos para garantizar su protección y evitar conflictos y situaciones inconsistentes. Se utiliza la filosofía WYSIWIS para una visualización estricta de la colaboración, y mecanismos de sincronización entre espacios de trabajo para mantener un estado global común del grupo. Para permitir que los usuarios coordinen sus acciones se dispone del Chat Dirigido y de la Herramienta de Toma de Decisiones. Para tratar con los colaboradores y establecer contacto se puede utilizar el Correo Electrónico; la Agenda de Sesiones permite consultar cuando podrá iniciarse una sesión. Por todo esto puede concluirse que, desde el punto de vista de estas reglas heurísticas, DomoSim-TPC es un sistema completo que cumple satisfactoriamente con la mayoría de ellas, tiene por tanto una evaluación positiva y es un sistema con buena usabilidad.

VI.4. Experiencias

Las diferentes experiencias realizadas con DomoSim-TPC han servido tanto para arrojar resultados de evaluación que se han empleado en el desarrollo como de prácticas reales de los alumnos en los centros de enseñanza. En la tabla VI.2 se muestran las cuatro experiencias llevadas a cabo. Se han realizado un total de 69 actividades, interviniendo en ellas 50 alumnos, 5 profesores, 2 expertos en Domótica y un experto en usabilidad. Estas experiencias se describirán en los siguientes apartados.

Experiencias	Actividades	Usuarios			
		Alumnos	Profesores	Expertos Dominio	Expertos Usabilidad
EXP	4	0	2	2	1
CHI	13	26	1	0	0
FP	47	14	1	0	0
IU	5	10	1	0	0
Totales	69	50	5	2	1

Tabla VI.2. Experiencias efectuadas con DomoSim-TPC.

La experiencia EXP fue una experiencia prolongada en el tiempo en la que diferentes profesores y expertos evaluaron el producto. Dio lugar a bastantes mejoras. Las experiencias CHI y IU se realizaron para valorar el sistema desde el punto de vista de los

estudiantes y dando énfasis a los aspectos de interacción persona-persona mediante el ordenador (colaboración) y a la interfaz de usuario. La experiencia FP persigue el estudio de prácticas reales sobre los contenidos aprendidos en clases de Domótica en centros de enseñanza que imparten esta asignatura. El número de ejercicios abordados en esta experiencia es mayor que en las anteriores y justifica un estudio más detallado. Tanto en las experiencias CHI e IU como en la experiencia FP se realizaron *post-test* para recopilar y analizar la opinión de los usuarios tras la realización de los trabajos.

Para seleccionar el sistema operativo y el SGBD que se utilizarían en las experiencias se realizaron diversas pruebas. Finalmente se optó por emplear MySQL® sobre un sistema Linux por su alto rendimiento.

VI.4.1. Experiencia EXP

En esta experiencia se realizaron una evaluación formativa y una evaluación heurística sobre los prototipos y el sistema final con diferentes objetivos:

- Contrastar el modelo de Domótica desarrollado con los expertos en esta disciplina.
- Evaluar la usabilidad del entorno desde la perspectiva de la colaboración.
- Evaluar el entorno a nivel general.

Para ello se formaron 2 grupos y se realizaron 4 actividades, resolviéndose 2 problemas. Es decir, los dos grupos resolvían en sus actividades el mismo problema, lo que permitía comparar el trabajo de los dos grupos. Los usuarios (profesores y expertos) habían recibido un curso previo de manejo de la aplicación; el experto en usabilidad recibió de manera adicional un pequeño curso sobre Domótica. Estas actividades se fueron repitiendo a lo largo del proyecto para refinar los diferentes sistemas. En algunos casos hubo separación espacial entre los evaluadores (los profesores y expertos trabajaron desde sus centros de enseñanza) y en otros se trabajó en despachos consecutivos o en una misma sala pero empleando diferentes ordenadores que se encontraban separados.

Como resultados de esta evaluación hubo aportaciones de los profesores en relación a las herramientas de organización, aportando su experiencia en cómo los alumnos resuelven problemas y aprenden. Los expertos en Domótica apoyaron con sugerencias y críticas la concepción del simulador. Ambos grupos de evaluadores sugirieron las opciones de comunicación a incorporar al Chat Dirigido. Por otro lado, el experto en usabilidad detectó problemas de desorientación en la transición entre subespacios, lo que llevó a la inclusión de mensajes de espera para no desconcertar al usuario y a informar de la entrada y salida a los subespacios.

En cuanto al modelado de la Domótica, en esta experiencia de evaluación con los prototipos primero y segundo se corrigieron aspectos como los siguientes:

- Correcciones en el modelado de las características técnicas de las áreas de gestión (empleo de operadores digitales en el sistema de corrientes portadoras).
- Activación independiente de los sistemas de calefacción y refrigeración.
- Ajuste del número de sensores por regulador.
- Consideración de factores arquitectónicos de la habitación (dimensiones, coeficientes de pérdidas de calor, etc.) para el cálculo de la temperatura. Esto daría lugar, posteriormente, a la inclusión de la tabla de incrementos de temperatura en función del volumen de la habitación, de la temperatura inicial y de las características del aparato refrigerador o calefactor.

- Agrupación de los puntos de electricidad por líneas de potencia.
- Inclusión de nuevos operadores en las áreas de gestión (módem, alarmas, etc.).

Desde los anteriores y otros comentarios relativos al dominio y de los requisitos de simulación de los centros de enseñanza que emplearían el simulador, se vio la necesidad de enriquecer los datos relativos a un problema; éste no contenía datos referentes a restricciones y necesidades, ni tampoco características técnicas de la vivienda ni de comportamiento del entorno medioambiental.

En esta experiencia se utilizó la base de datos MySQL® sobre un sistema Suse® Linux. No se produjo ningún problema y se alcanzaron los requisitos de rendimiento. Se trabajó utilizando redes locales y líneas ADSL de conexión a Internet.

VI.4.2. Experiencia CHI

Esta experiencia se desarrolló con alumnos que cursaban la asignatura de Interacción Persona-Ordenador de cuarto curso de Ingeniería Superior en Informática. El objetivo era detectar mejoras o carencias del entorno y recabar la opinión de estos alumnos sobre DomoSim-TPC como sistema colaborativo. Por su formación, estos alumnos conocían las características y particularidades de los Sistemas Colaborativos, tanto aplicados al trabajo en grupo como al aprendizaje. Recibieron información específica en Domótica y en el manejo del entorno, y realizaron algunas actividades de resolución de problemas con la idea de que conociesen el mayor número posible de funciones del entorno.

Terminada la experiencia de uso de DomoSim-TPC, estos alumnos rellenaron un cuestionario (apéndice 5.1) que permitiría obtener resultados de evaluación. Se evaluaron por separado los aspectos de soporte a la coordinación y de diseño síncrono.

Respecto al soporte a la coordinación, tanto síncrono como asíncrono, la opinión general de los usuarios fue bastante positiva (“puede dar solución a muchos problemas”, “este tipo de herramientas tiene mucho futuro”), aunque se identificaron problemas potenciales de utilización de este tipo de soporte (“será complicado adaptar al usuario...”, “el problema es la mentalidad de la gente”).

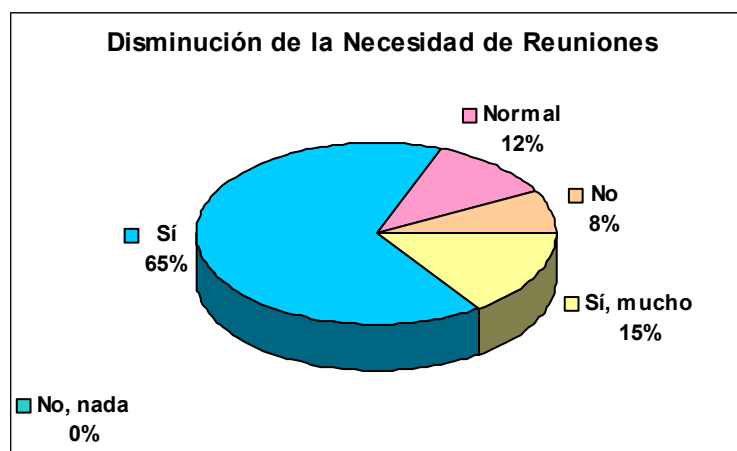


Figura VI.6. Disminución de la necesidad de reuniones en la experiencia CHI.

En la figura VI.6 puede verse la opinión de los usuarios sobre la disminución de la necesidad de reuniones con herramientas de este tipo. El 15 % opina que se disminuye bastante y el 65 % opina que se disminuye, frente al 8 % que opina que no se disminuye; por otra parte el 12 % indica que hay una disminución normal.

En cuanto a la valoración del diseño síncrono, la opinión general es también muy buena (“puede aportar muy buenos resultados”, “me parece una idea excelente”). Es interesante la aportación de un usuario al identificar una posible fase de análisis tras la de simulación, en la que estudiar todo el proceso de construcción de la solución. En nuestro caso, la tarea de análisis se realiza fuera del protocolo de resolución de problemas y se realiza con una herramienta independiente. Destaca también una opinión general sobre la rigurosidad del protocolo (“demasiado acotado todo”). En realidad, hay que tener en cuenta que se ha modelado un protocolo un tanto estricto para estructurar la situación de aprendizaje, aunque hay que destacar que en las fases de diseño y simulación se deja bastante libertad a los alumnos para construir y probar el modelo. En la figura VI.7 se resume la opinión de los usuarios en relación a la apreciación del diseño colaborativo como una herramienta realista, y en la figura VI.8 se recoge la opinión sobre lo acertado de las fases del protocolo.

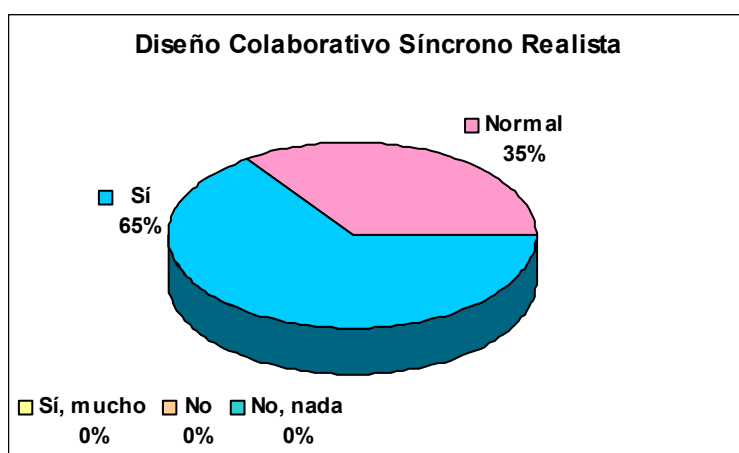


Figura VI.7. Diseño colaborativo síncrono realista en la experiencia CHI.

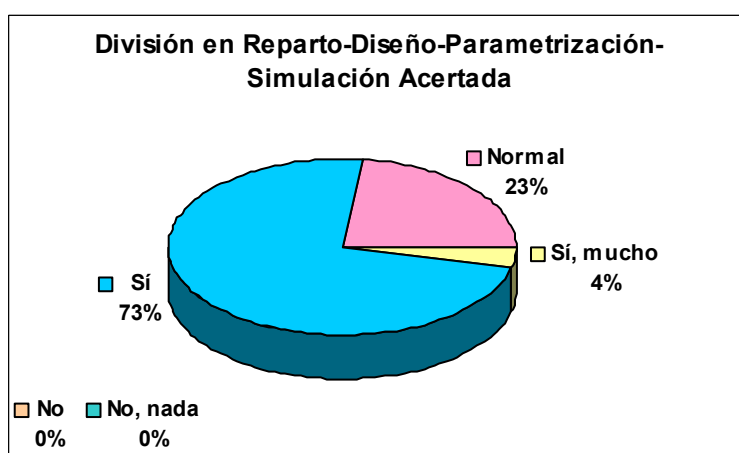


Figura VI.8. División en Reparto-Diseño-Parametrización-Simulación acertada en la experiencia CHI.

Los diferentes dominios apuntados por los participantes como posibles casos de estudio a los que aplicar el entorno fueron los siguientes: Programación, Cálculo, Física, ordenación del territorio, construcción de manuales, datos biográficos, diseño de instalaciones en ciudades, diseño de instalaciones en fábricas, diseño de sistemas de información, Arquitectura, proyectos de Ingeniería del Software y diseño de redes.

VI.4.3. Experiencia IU

En esta experiencia se ha utilizado DomoSim-TPC con el objetivo principal de evaluar su usabilidad. Una herramienta usable es aquella que el usuario encuentra satisfactoria para realizar las tareas para las que fue diseñada. Para ello debe ser transparente para el usuario, flexible, fácil de aprender y debe dejarle el control al usuario.

Como en la experiencia anterior, el sistema se utilizó para la realización de algunas actividades y posteriormente los participantes tuvieron que responder a dos cuestionarios: el primero es el mismo que en la experiencia CHI (apéndice 5.2.I), e iba destinado a valorar el entorno DomoSim-TPC en relación al diseño y soporte colaborativo, y el segundo se centraba en valorar su usabilidad (apéndice 5.2.II). Los participantes eran alumnos de la asignatura de Interfaces de Usuario, de quinto curso de Ingeniería Superior en Informática y que habían cursado previamente la asignatura de Interacción Persona-Ordenador, y por ello habían adquirido conocimientos específicos sobre usabilidad; también recibieron formación en Domótica.

En general, las opiniones de los usuarios en relación a las herramientas de coordinación fueron positivas (“las considero especialmente útiles”, “se ofrecen muchas posibilidades para la coordinación”). Respecto a la pregunta de si disminuye la necesidad de reuniones con este soporte, se obtuvieron los resultados que pueden verse en el gráfico de la figura VI.9. Destaca, en este caso, el hecho de que el 14 % de los usuarios piensen que no se disminuye esta necesidad con este tipo de herramientas. Echan de menos herramientas como los foros de discusión o la videoconferencia.

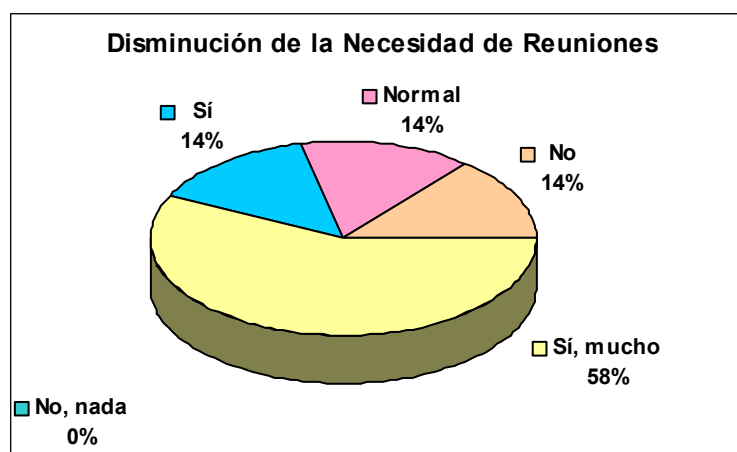


Figura VI.9. Disminución de la necesidad de reuniones en la experiencia IU.

La valoración del diseño síncrono también es satisfactoria, aunque hay opiniones que destacan la complejidad que tiene el uso de las herramientas. En cuanto a las fases de trabajo, algunos alumnos indican que son las adecuadas para el diseño domótico; hay que

precisar que este protocolo no es aplicable a cualquier dominio, sino sólo a aquellos en los que tenga sentido un diseño y simulación de modelos formados por objetos que se relacionan entre sí. Los resultados en ambas categorías se recogen en los gráficos de las figuras VI.10 y VI.11.

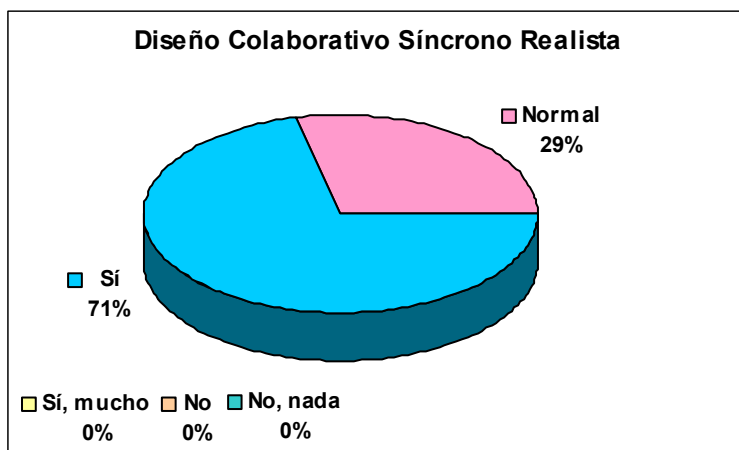


Figura VI.10. Diseño colaborativo síncrono realista en la experiencia IU.

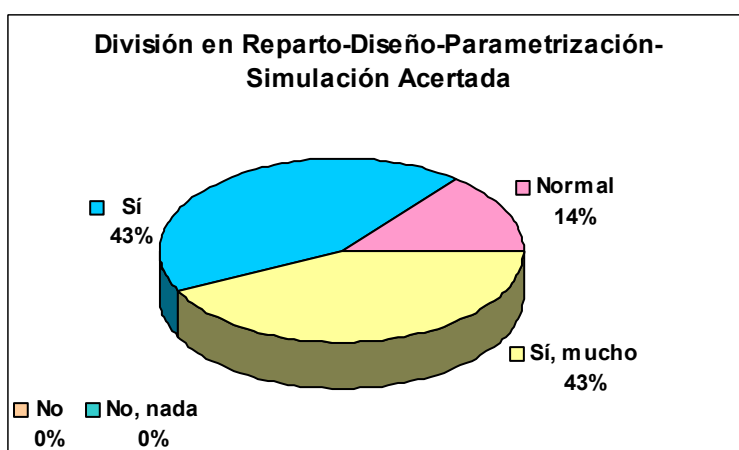


Figura VI.11. División en Reparto-Diseño-Parametrización-Simulación acertada en la experiencia IU.

Los dominios apuntados en esta experiencia como posibles casos de estudio son los siguientes: edición de código, diseño gráfico, aprendizaje de idiomas, diseño web y análisis y diseño de aplicaciones informáticas.

Estudio de la usabilidad

Durante la realización de ésta y de las restantes experiencias se han aplicado métodos tradicionales de prueba para evaluar la usabilidad del entorno. Las técnicas empleadas han sido las siguientes:

- Observación de la interacción que lleva a cabo el usuario.
- Observación en su entorno natural, que se corresponde con el aula en la que se realizan las prácticas con DomoSim-TPC.

- Interacción constructiva durante las experiencias con los usuarios para recopilar información.
- Empleo de expertos para evaluar.
- Utilización de tests y cuestionarios.
- Entrevistas con los usuarios al finalizar las experiencias.
- Comparación del entorno con estándares y normas
- Registro automático de la interacción del usuario.
- Evaluación de la estética.

Todos estos métodos permiten evaluar parámetros cualitativos como los siguientes:

- Funcionalidad: ¿Pueden los usuarios llevar a cabo las tareas encargadas?
- Comprensión: ¿Comprenden los usuarios el sistema?
- Temporización: ¿Las tareas de los usuarios se resuelven en un tiempo razonable?
- Entorno: ¿Se ajusta el sistema a otros elementos del entorno del usuario?
- Seguridad: ¿Dañará el sistema al usuario, psíquica o psicológicamente?
- Errores: ¿Comete muchos errores el usuario?
- Comparaciones: ¿Se puede comparar el sistema con otros mecanismos para que el usuario haga lo mismo?
- Estándares: ¿Es similar el sistema a otros que puede usar el usuario?

Estas preguntas han sido resueltas durante el desarrollo del entorno y han sido contestadas por los usuarios de la experiencia IU como medida del grado de usabilidad que, a su juicio, alcanza DomoSim-TPC. El resultado de esta evaluación se muestra en los gráficos de las figuras VI.12 y VI.13. Los datos proceden del cuestionario del apéndice 5.2.II. Por parte de los alumnos se han apuntado sugerencias interesantes como permitir un área de trabajo redimensionable en la Herramienta de Diseño o la posibilidad de hacer zoom sobre este área.

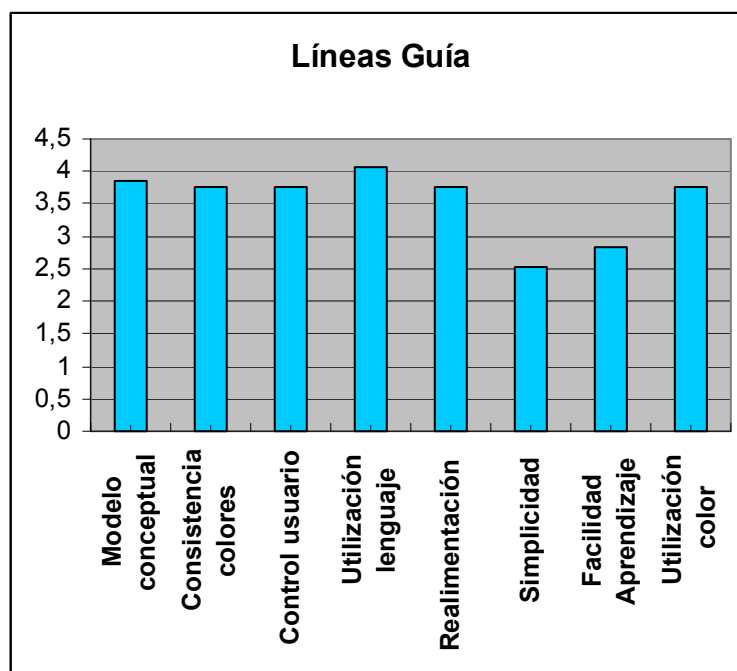


Figura VI.12. Valoración de la aplicación de Líneas Guía en la experiencia IU.

El gráfico de la figura VI.12 muestra la utilización del lenguaje del usuario, la adaptación a su modelo conceptual, la consistencia en el empleo de colores, el grado de control del usuario, la realimentación de las acciones del usuario y la utilización del color como los mejores aspectos del entorno en cuanto a la aplicación de líneas guía de diseño de interfaces de usuario. Destacan como aspectos menos valorados la simplicidad de la interfaz y la facilidad de aprendizaje, lo que tiene sentido al tratarse de una situación de aprendizaje de una materia compleja, en un sistema colaborativo en el que se ofrecen distintas herramientas y posibilidades de interacción a los usuarios.

El gráfico de la figura VI.13 muestra, nuevamente, que según los usuarios la comprensión del sistema no es alta por el grado de complejidad. Destacan los aspectos de funcionalidad del entorno, utilización de diálogos simples, empleo de tiempos de respuesta razonables y el hecho de que el sistema no provoca ningún tipo de daño en el usuario.

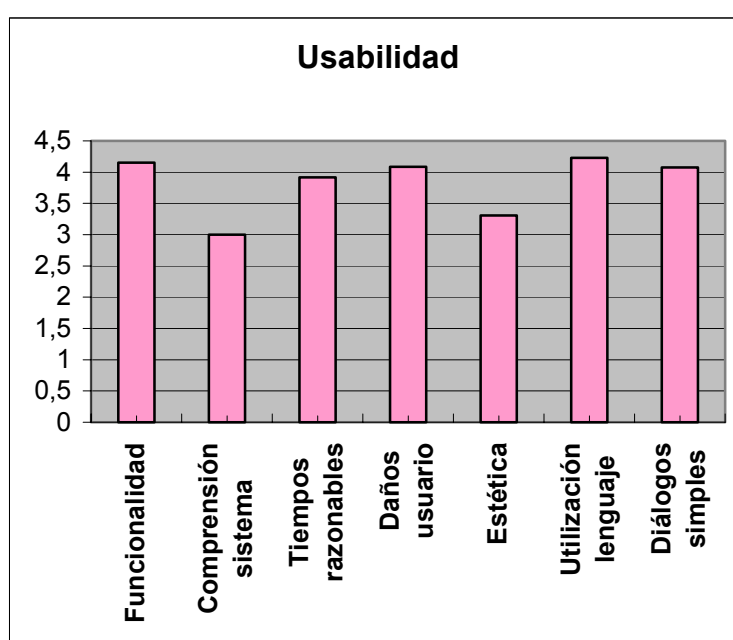


Figura VI.13. Valoración de la Usabilidad en la experiencia IU.

VI.4.4. Experiencia FP

El objetivo de esta experiencia es ofrecer el entorno DomoSim-TPC a los centros de enseñanza para emplearlo en situaciones reales de formación en Domótica. De este modo los centros se beneficiarán del entorno y se obtendrá también información de evaluación y análisis que permita mejorar el sistema y estudiar el trabajo realizado por los alumnos.

En esta experiencia intervinieron un total de 14 alumnos y un profesor coordinador procedentes de dos centros de enseñanza diferentes, que abordaron la resolución de 7 problemas en un total de 47 actividades. Las actividades planteadas se muestran en la tabla VI.3, en la que pueden verse los problemas planteados (filas), los grupos que los resolvieron (columnas) y si se efectuó diseño (*d*) y simulación (*s*). Los grupos *g1* a *g7* estaban formados por dos alumnos, uno de cada centro, mientras que en los restantes grupos sólo se encontraba un alumno extraído de los grupos *g4* a *g7*. Esto permitió plantear

el mismo problema a grupos de dos estudiantes y a estudiantes individuales, para contrastar las soluciones que se realizan en ambos casos. Las casillas en blanco denotan actividades planteadas pero que no han sido abordadas por el grupo y las casillas con guiones indican actividades que no se plantearon.

Problemas	Grupos									
	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g12i	g21i	g24i
p1	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s	---	---	---
p2	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s		---	---	---
p3	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s		---	---	---
p4	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s		---	---	---
p5	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s	d/s		---	---	---
p6	d/s	d/s	d	---	---	---	---	d/s	d/s	d/s
p7	d	d		---	---	---	---	d		d/s

Tabla VI.3. Actividades propuestas en la experiencia FP.

Problema	Plano	Área de Gestión	Sistema	Nivel de Ayuda
p1	Salón	Confort térmico	Ninguno	Alto
p2	Salón	Confort luminoso	Ninguno	Medio
p3	Salón	Confort térmico	Bus de datos	Medio
p4	Salón y cocina	Confort térmico y luminoso	Corrientes portadoras	Medio
p5	Apartamento	Confort luminoso	Corrientes portadoras	Bajo
p6	Apartamento	Control energético	Controlador	Medio
p7	Piso de 3 dormitorios	Confort térmico y control energético	Corrientes portadoras	Bajo

Tabla VI.4. Problemas propuestos en la experiencia FP.

Los problemas *p1*, *p2* y *p3* (tabla VI.4) se basaban en un plano simple, es decir, formado por una única habitación, y los restantes en un plano con varias habitaciones. Los problemas *p4* y *p7* trataban dos áreas de gestión, mientras que los restantes trataban una. Nótese que al ir aumentando la dificultad del problema va disminuyendo el nivel de ayuda. Los problemas se han ido resolviendo en orden de dificultad creciente, de manera que el problema *p1* es el más sencillo y el *p7* el más complicado.

Los centros de enseñanza contaban cada uno con un aula de prácticas en la que resolver los ejercicios con una conexión a Internet de tipo ADSL. Una vez configurada la aplicación en cada puesto de trabajo, se instaló un servidor Windows 2000 en la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real que ejecutaba el programa Coordinador y soportaba un SGBD MySQL®; a este servidor se conectaban los alumnos haciendo uso de DomoSim-TPC. La elección en este caso de un sistema Windows se basa en el hecho de que en las primeras pruebas con la experiencia FP utilizando MySQL® sobre Linux se producían errores cuando el número de usuarios conectados era alto. Creemos que este problema no procedía del sistema operativo, sino de la versión de MySQL®. Al no disponer de una versión avanzada de esta base de datos para Linux se utilizó Windows 2000 para el que sí se disponía de la versión 3.23 y en la que no se producen estos errores.

Estudio de las actividades

De las 47 actividades de resolución de problemas, en 35 (74'5 %) de ellas se realizó un diseño que fue simulado una o varias veces, en 5 (10'6 %) sólo se realizó un diseño y en el resto, 7 (14'9 %) actividades, no se hizo ninguna de las dos cosas, lo que significa que no se trabajó en ellas.

Analizaremos esta experiencia desde la información arrojada por el análisis cuantitativo. Estudiaremos aspectos como los siguientes:

- Tamaño de la solución.
- Tiempo que invierten los grupos (dos personas) y los individuos en resolver los mismos problemas.
- Calidad de la solución.
- Funcionalidades no utilizadas por los alumnos.
- Formas de comunicación preferidas.
- Aprendizaje de los alumnos.

En cuanto al tamaño de la solución, es claro que los problemas fáciles o pequeños se resuelven con modelos de menor tamaño (número de objetos, número de manipulaciones, etc). Así, al realizar la media de objetos utilizados por los grupos *g1* a *g6* en la resolución de los problemas *p2* y *p5* se comprueba que en el problema *p5* se han empleado aproximadamente tres veces más objetos (39), ya sean operadores o enlaces, que en el problema *p2* (14).

En cuanto al tiempo invertido, si se compara el que han empleado los grupos *g1*, *g2* y *g3* en la resolución de los problemas *p6* y *p7* frente al empleado por los individuos *g12i*, *g21i* y *g24i* se comprueba que los grupos de dos emplean algo más de tiempo que los individuos. Esto no es lo esperado, ya que parece lógico que dos personas tarden menos en resolver un ejercicio juntas que una sola. Para que ocurra esto los dos estudiantes tienen que estar muy coordinados y no gastar tiempo en esta coordinación, en la comunicación o en la observación del trabajo del otro. No obstante, puede suponerse que cuando un problema tenga el tamaño y complejidad suficiente a un alumno le cueste resolverlo mientras que a dos personas les sea más fácil por la motivación y ayuda mutuas. La resolución de este tipo de problemas queda abierta para otras experiencias que se realicen en el futuro con DomoSim-TPC.

El factor tiempo también depende del tamaño del problema. Se ha calculado el tiempo medio de resolución (diseño y simulación) de los problemas *p1* a *p4* por los grupos *g1* a *g6* (figura VI.14). Puede verse que en el primer problema los alumnos emplean mucho tiempo (2876 segundos). Esto es debido a que después del proceso de aprendizaje de DomoSim-TPC éste es el primer problema al que se han enfrentado y a los alumnos les cuesta trabajar con soltura. En el problema *p2* emplean más tiempo (3608 segundos) por el mismo motivo y porque el área de gestión es diferente a la del primer problema. El tiempo empleado descende sensiblemente en el problema *p3* (1552 segundos): se trata de implantar un área de gestión que conocen (Confort Térmico) en un salón, y por eso trabajan más rápido, además ya se han familiarizado con el entorno. En el problema *p4* emplean también un tiempo elevado (3189 segundos) aunque menor que en el problema *p2*. Pero, para este tipo de problema, que emplea dos áreas de gestión en dos habitaciones, puede decirse que los alumnos están trabajando más rápido.

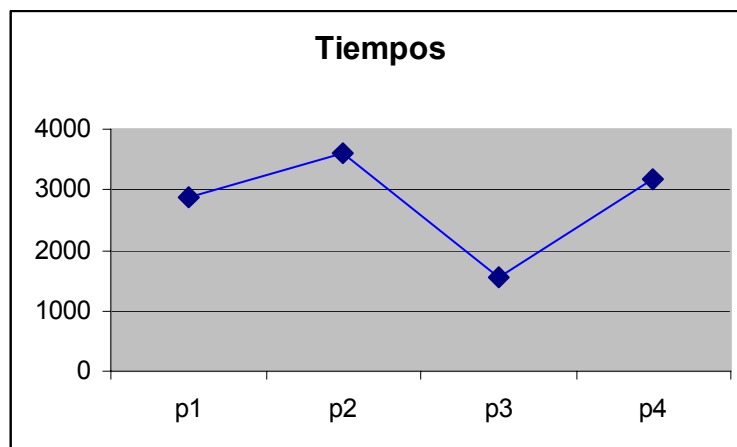


Figura VI.14. Tiempo empleado en la resolución de los problemas *p1* a *p4* en la experiencia FP.

En los problemas resueltos en grupo se aprecia que los elementos están mejor colocados, lo que quiere decir que se encuentran situados en las habitaciones correctas, y que hay menos ausencias de elementos necesarios que en las soluciones individuales. Por ejemplo, esto se comprueba experimentalmente en los problemas *p6* y *p7*. Los grupos *g1*, *g2* y *g3* han situado los elementos de manera más apropiada que los individuos *g12i*, *g21i* y *g24i*: identifican mejor los elementos necesarios (sensores, electrodomésticos...) y los ubican en las habitaciones correctas (ordenador en un dormitorio, televisión en el salón, etc.). También enlazan más correctamente los operadores, ya que en las soluciones de los usuarios individuales se aprecian muchas ausencias de enlaces. Todo esto indica que la calidad de la solución es mejor.

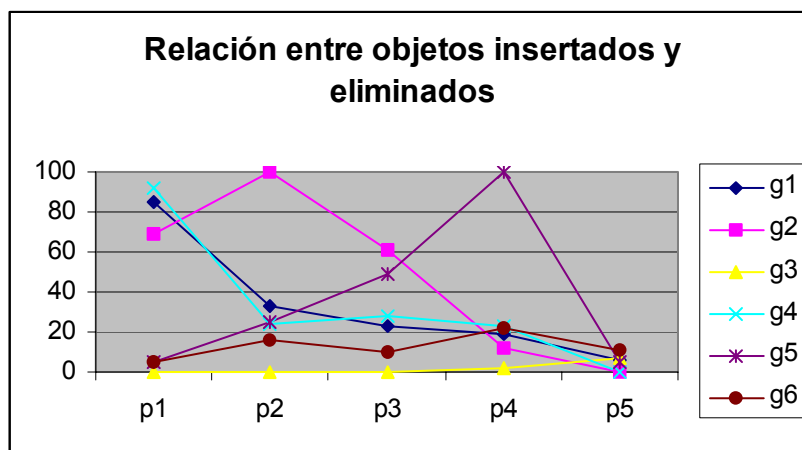


Figura VI.15. Relación entre objetos insertados y eliminados en la experiencia FP.

Los alumnos van aprendiendo al ir solucionando problemas, emplean cada vez menos tiempo y cometen menos errores. En esta experiencia concreta, cuando los alumnos van avanzando en la resolución de problemas van cometiendo menos errores, disminuyendo la relación entre objetos insertados y eliminados. En la figura VI.15 se muestra el porcentaje de objetos eliminados frente a los insertados para los problemas *p1* a *p5* resueltos por los grupos *g1* a *g6*. Se aprecian grupos con comportamientos similares: los grupos *g1* y *g4* funcionan de manera parecida así como los grupos *g6* y *g3*. En los dos primeros hay una tendencia general a la disminución en las eliminaciones. Los grupos *g3* y *g6* mantienen un porcentaje de eliminación por debajo del 20 %, lo que quiere decir que son grupos que se

equivocan poco y no necesitan eliminar muchos objetos. El grupo g2 mantiene una tónica de descenso en las eliminaciones desde el problema p2. Únicamente el grupo g5 ha ido aumentando el número de eliminaciones realizadas que, curiosamente, descendió en el último problema de manera considerable. Estudiando más en detalle este caso, se comprobó que este grupo no trabajó apenas el problema p4, insertándose pocos objetos y realizándose tantas eliminaciones como inserciones, lo que da lugar a un 100 % de eliminaciones.

En cuanto a las formas de comunicación preferidas, los alumnos emplean el Chat Dirigido durante el diseño y simulación para intercambiar ideas y organizarse, prefiriendo en general el empleo de la función que les permite teclear una frase en lugar de seleccionar un acto de comunicación entre los preestablecidos (figura VI.16). El mensaje *Pienso ...* es el siguiente en frecuencia de utilización, seguido por dos mensajes que no requieren introducir texto adicional como son *Vamos bien* y *He terminado*. Ambos sirven para controlar la colaboración pero no se utilizan para la argumentación. Los mensajes *Mirad ...* y *Voy a ...* no han sido utilizados porque se encuentran en el subespacio de Simulación y en éste los alumnos prefieren observar el comportamiento del modelo para discutir después en el subespacio de Diseño.

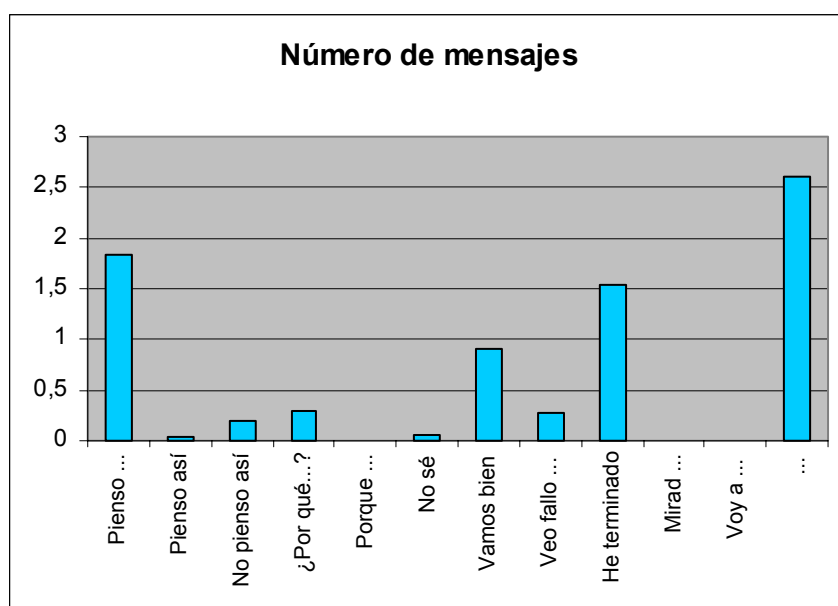


Figura VI.16. Número medio de mensajes por actividad en la experiencia FP.

Las hipótesis y el reparto de tareas son elementos que no gustan a los alumnos. Tal como se expuso en el apartado IV.4.8, los alumnos encuentran dificultades a la hora de enunciar y manejar hipótesis (de Jong & van Joolingen, 1998), y esto se ha reflejado en los ejercicios de esta experiencia. De la misma manera han preferido organizar el trabajo utilizando mensajes de comunicación en el subespacio de Diseño que hacerlo empleando el subespacio de Reparto para asignar tareas.

Estudio del post-test

En el *post-test* (apéndice 5.3) se plantearon algunas de las cuestiones que se recogieron en las encuestas empleadas en las actividades CHI e IU. Pero adicionalmente, puesto que

los ejercicios realizados en esta experiencia son reales, se han incluido cuestiones relativas al proceso de aprendizaje y de colaboración que han experimentado los alumnos.

Este *post-test* tiene dos partes: una sobre características generales y un segundo apartado relativo al diseño y simulación. En la primera parte se plantea, entre otras, una cuestión que valora el grado de aprendizaje experimentado por los usuarios: “¿Te han servido las actividades realizadas para aprender algo sobre Domótica?”. En esta cuestión se alcanza un resultado medio de 4’1, es decir, los usuarios consideran que han aprendido Domótica en un alto grado. La opinión general sobre el entorno es bastante buena (“Ha estado bastante bien y aprendes a trabajar y tomar decisiones con un compañero”, “Se aprende a trabajar en grupo”). En el apartado concreto del diseño y simulación las opiniones también son positivas, aunque se indica nuevamente la complejidad de uso del sistema.

En la segunda parte del cuestionario se han incluido tres preguntas que creemos interesantes. La primera que comentamos se refiere a si el alumno considera que la utilización de la aplicación le parece compleja considerando el apoyo que ofrecen las herramientas de *awareness* (puntero remoto, panel de sesión, lista de interacciones, etc.). En esta cuestión se ha alcanzado una puntuación media de 2’5, que es una valoración positiva teniendo en cuenta que la valoración 2 se corresponde con *no* (no es compleja) y la valoración 3 se corresponde con *normal* (complejidad normal). Las otras dos cuestiones se representan en el gráfico de la figura VI.17. En la primera de ellas se trataba de recabar la opinión de los usuarios sobre la ventaja del trabajo en grupo frente al trabajo individual, en aspectos como la ayuda que ofrece el compañero, la motivación al no estar sólo, etc. Esto justifica también la idea de que la colaboración es positiva en este tipo de situaciones de aprendizaje. La última cuestión interrogaba sobre la simulación como mecanismo para refinar el diseño efectuado y como mecanismo de descubrimiento en el aprendizaje de la Domótica.

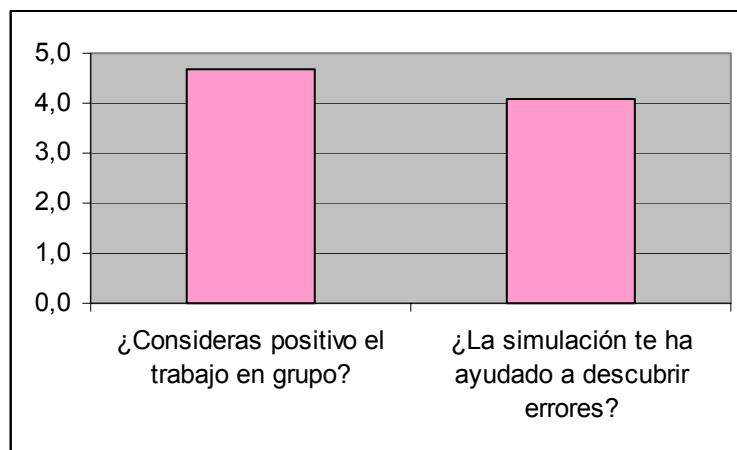


Figura VI.17. Algunas cuestiones de evaluación del Diseño y Simulación en la experiencia FP.

Los casos de estudio planteados a los estudiantes para su valoración como dominios adecuados son los siguientes: Diseño de Software, Diseño de Circuitos Electrónicos, Diseño Arquitectónico y Diseño en general. Los estudiantes valoran todos estos dominios de igual manera (3’6), indicando que, a su juicio, sí son dominios a los que puede aplicarse el planteamiento seguido en DomoSim-TPC. El resto de cuestiones significativas de la segunda parte del cuestionario son las mismas que se plantearon en los cuestionarios de las

experiencias CHI e IU y se estudian en el siguiente apartado de conclusiones de manera global.

VI.4.5. Conclusiones

Reuniendo los datos de las tres experiencias en relación con la disminución de la necesidad de reuniones con el soporte colaborativo incluido en DomoSim-TPC, podemos concluir que sí se produce esta disminución a juicio de los alumnos. El 28'89 % opinan que disminuye mucho, el 44'45 % indican simplemente que sí se disminuye, el 13'33 % indican que hay una disminución normal, el 11'11 % opinan que no hay disminución significativa y tan sólo el 2'22 % piensan que no hay ninguna disminución.

En relación con la división en las fases de Reparto-Diseño-Parametrización-Simulación, haciendo una valoración global de las tres experiencias se obtiene que el 17'78 % piensan que sí es muy acertada, el 64'44 % que sí es acertada y el resto que es acertada en un grado normal. Por último, una valoración global del apartado que cuestiona si el diseño síncrono es realista y puede aportar resultados satisfactorios muestra que el 8'89 % se decanta por una valoración de 5 (sí, mucho), el 64'44 % asignan una valoración de 4 (sí) y el 26'67 % una puntuación de 3 (normal).

Desde nuestro punto de vista, la influencia positiva del proceso en la solución se aprecia experimentalmente en las actividades planteadas y resueltas en la experiencia FP. Por ejemplo, los dos alumnos del grupo *g1* son los que más han trabajado, realizando un total de 1007 y 988 interacciones respectivamente. Si accedemos a las soluciones que han construido para los problemas *p1* a *p5* observamos que son soluciones bastante aceptables. Siguiendo con esta misma hipótesis, comprobamos que las soluciones de los grupos que han trabajado menos, como por ejemplo el grupo *g4*, no son tan buenas (hay ausencia de operadores, no se satisfacen los requisitos y necesidades del problema, etc.). Por ello creemos los alumnos que se han comunicado más, que más han simulado y que han efectuado más interacciones de manipulación directa han alcanzado mejores soluciones que los que no lo han hecho.

Los problemas complejos conllevan una mayor cantidad de trabajo, contienen una mayor cantidad de objetos, generan más comunicaciones y suponen más simulaciones para ser resueltos. La colaboración ayuda a resolver estos problemas complejos de mejor manera, lo que no implica necesariamente que dos personas tarden menos tiempo en resolver un problema que una sola, por las necesidades de coordinación y comunicación que requiere trabajar en parejas.

De acuerdo a los resultados expuestos en los apartados de *Estudio de las actividades* (tamaño de la solución, tiempos invertidos y calidad de la solución) y *Estudio del post-test*, vemos que superado un primer momento de familiarización con el entorno, y acometidas las primeras actividades, los alumnos van aprendiendo Domótica y resolviendo los problemas cada vez mejor y de manera más rápida. Los conocimientos manejados son adquiridos rápidamente; cuando los alumnos se enfrentan a problemas similares a otros ya resueltos o se tropiezan con dificultades ya superadas con anterioridad son capaces de aplicar sus conocimientos actuales y, gracias a la simulación, descubrir nuevos conocimientos.

Los alumnos se decantan, en un primer momento, por utilizar el Chat Dirigido como un chat tradicional, es decir, tecleando por completo los mensajes que quieren comunicar. No

obstante, también han hecho uso de un tipo de mensaje que les permite enunciar y comunicar ideas (*Pienso ...*). Estamos seguros de que al seguir utilizando el sistema y adquirir mayor fluidez en su uso empezarían a utilizar los actos de comunicación preestablecidos, que les ahorran tiempo de escritura y estructuran la conversación.

Hay algunas funcionalidades que no son utilizadas por los estudiantes en estas experiencias en las que se resuelven pequeños problemas y se enfrentan al entorno por primera vez. Por ejemplo, el subespacio de Reparto de Tareas no ha sido muy utilizado, lo que sugiere que en problemas pequeños o sencillos, o en grupos de sólo dos personas, no se ha considerado muy necesario por parte de los usuarios. Igualmente, el mecanismo de propuesta y comprobación de hipótesis no ha sido muy empleado, a pesar de que algunos problemas acompañan hipótesis fijas para que sean comprobadas por los alumnos. En el futuro se tratará de provocar la utilización de estos elementos en la realización de ejercicios con el entorno en los mismos o en diferentes centros de enseñanza.

En las experiencias realizadas no se han recopilado datos sobre los diferentes modelos de parametrización de que dispone el entorno ni sobre la conveniencia de la función de Integración y del trabajo privado de los alumnos a que da lugar. Dejamos este estudio para una evaluación sumativa a realizar en el futuro cuando se disponga de una mayor cantidad de datos procedentes de éstas y otras experiencias, realizando un estudio más pormenorizado.

Los casos de estudio que se perfilan como más prometedores para aplicar el enfoque de DomoSim-TPC, desde nuestra perspectiva y la de los alumnos encuestados, son los siguientes:

- Diseño de circuitos electrónicos.
- Diseño arquitectónico.
- Diseño de instalaciones.
- Diseño de sistemas de información (Ingeniería del Software).
- Diseño de redes informáticas.
- Diseño gráfico.
- Diseño web.

Todos estos resultados demuestran que el enfoque tomado en el desarrollo de DomoSim-TPC es adecuado para los objetivos planteados, aunque, por supuesto, es susceptible de mejora. Partiendo de estos datos y de los que arroje el procedimiento de evaluación sumativa a realizar en un futuro, se desarrollará una nueva versión que pueda emplearse con resultados satisfactorios para el aprendizaje colaborativo a distancia de dominios de diseño.

VI.5. Resultados obtenidos

En este capítulo se han expuesto las principales técnicas seguidas para evaluar el entorno informático desarrollado y se han descrito las experiencias que se han llevado a cabo con propósitos de evaluación. El desarrollo de DomoSim-TPC se ha basado en un diseño iterativo y participativo basado en prototipos. Durante el ciclo de vida se han realizado diferentes evaluaciones de carácter formativo y heurístico sobre los prototipos. La Evaluación Formativa se aplica habitualmente a los sistemas de enseñanza, y trata de mejorar su efectividad. La Evaluación Heurística es una interesante forma de evaluar un

sistema colaborativo. Para ello propone un *framework* con el que contrastar un sistema detectando problemas de usabilidad. Ha permitido caracterizar a DomoSim-TPC como un sistema colaborativo completo y adecuado para la realización de las tareas para las que ha sido concebido.

Se ha detallado el horizonte temporal en el que se sitúa el desarrollo del entorno, y se han descrito los tres prototipos obtenidos junto con el sistema final, indicando sus características y las funcionalidades que incluyen. Parte de la evaluación se ha efectuado durante la realización de experiencias con estos prototipos.

La primera de estas experiencias (EXP) ha permitido que profesores y expertos evalúen de manera formativa el sistema durante todo el ciclo de desarrollo, generando numerosas aportaciones positivas que han dado lugar a mejoras en el sistema y en los modelos en que se basa. La segunda y tercera experiencias (CHI e IU respectivamente) han consistido en la utilización del entorno por parte de alumnos con conocimientos en las disciplinas de la Interacción Persona-Ordenador y de las Interfaces de Usuario para resolver problemas de Domótica. Posteriormente estas actividades fueron valoradas mediante cuestionarios de evaluación. La evaluación realizada es formativa, dando énfasis en la tercera experiencia a los aspectos de usabilidad. Finalmente, en la experiencia FP el sistema se ha empleado en dos centros de enseñanza para la realización de prácticas reales en el aula. La información obtenida ha permitido evaluar el sistema y analizar cómo trabajan los alumnos durante la realización de ejercicios.

Estudiando la información obtenida en estas experiencias se han enunciado algunas conclusiones, entre las que destacan las siguientes:

- El proceso efectuado por el grupo durante la resolución de problemas influye en el tipo de solución. Cuanto “mejor” es el proceso más calidad tiene la solución.
- El soporte colaborativo de DomoSim-TPC disminuye la necesidad de reuniones.
- Las fases identificadas para el diseño (Reparto, Diseño, Parametrización y Simulación) son adecuadas para el tipo de trabajo a realizar.
- El diseño síncrono materializado supone una aproximación realista.
- Los problemas complejos conllevan una mayor cantidad de trabajo, y la colaboración asiste positivamente en la resolución de este tipo de problemas.
- Con DomoSim-TPC los alumnos aprenden Domótica, aplican los conocimientos que han adquirido, generan nuevos conocimientos, y resuelven los problemas cada vez mejor y más rápido.
- Algunas funcionalidades, como la gestión de hipótesis o el reparto de tareas, deben rediseñarse cuidadosamente, o deben plantearse otro tipo de experiencias para que estos elementos sean satisfactoriamente utilizados por los alumnos.
- Existen prometedores dominios a los que aplicar los planteamientos de DomoSim-TPC.

Por último cabe recoger la opinión de los profesores en relación a las experiencias reales. Éstos opinan que el sistema es útil y muy necesario en Enseñanza Secundaria. Consideran que es un valioso complemento a la formación teórica en Domótica, ya que actualmente disponen de laboratorios poco dotados que no les permiten realizar prácticas adecuadas. DomoSim-TPC cubre esta carencia porque ofrece la posibilidad de diseñar y simular modelos, comprobando y experimentando con el funcionamiento de los sistemas domóticos empleados en la vida real. También indican que el sistema, aunque requiere un esfuerzo para configurar y definir las experiencias (actividades, problemas, sesiones...), genera una gran cantidad de resultados que permiten evaluar fácilmente el trabajo de los

estudiantes. En su opinión, también aporta la gestión y organización de la información (alumnos, profesores, grupos...) que manejan en su labor docente.

1. Conclusiones

El trabajo realizado en esta tesis ha consistido en el estudio y desarrollo de sistemas para el aprendizaje colaborativo a distancia en tiempo real. En concreto, se ha abordado en profundidad la problemática de los entornos de aprendizaje colaborativo del diseño mediante simulación, desarrollándose una solución que refleja cuatro perspectivas diferentes:

- Perspectiva social y pedagógica: Relacionada con el Aprendizaje Colaborativo, el Trabajo Colaborativo y los factores derivados de las teorías socioculturales que los caracterizan.
- Perspectiva tecnológica: Relacionada con técnicas y mecanismos relativos al CSCL, al CSCW, a las comunicaciones síncronas, a las Interfaces de Usuario, a la Simulación y, en general, al desarrollo de sistemas de información.
- Perspectiva experimental: Por un lado, desde el principio se han validado los sistemas desarrollados haciendo partícipes a los usuarios, y por otro, se han realizado experiencias reales de aprendizaje para la validación de las hipótesis enunciadas.
- Perspectiva de transferencia de conocimiento: Se han aplicado los modelos y arquitecturas desarrollados a situaciones de Trabajo Colaborativo (CSCW), y, a partir del dominio concreto en el que nos hemos basado, se ha definido un modelo genérico para facilitar la aplicación de los sistemas a nuevos dominios.

A continuación se describe cómo se han alcanzado los objetivos propuestos en la investigación. Para ello se resumen los resultados y aportaciones más importantes que se han obtenido, a partir del trabajo realizado desde cada una de las perspectivas anteriores. Posteriormente se resumen las características del sistema propuesto, destacando las ventajas que presenta frente a otros sistemas similares. Finalmente, se describen algunas líneas futuras de trabajo por las que esta investigación debe continuar.

Perspectiva social y pedagógica

El marco teórico en el que situar los aspectos sociales y pedagógicos de nuestra investigación nos lo proporcionan el CSCL y el CSCW. El aprendizaje y el trabajo en grupo de las personas ocurren siempre dentro de un contexto social. Para reflejar este contexto se ha estudiado la manera en que estas personas colaboran para alcanzar un objetivo. En este sentido se ha profundizado en aspectos relacionados con la organización de grupos, desempeño de roles, modelización y estructuración de la interacción, propuesta de preguntas, mecanismos para alcanzar acuerdos, etc. Una vez analizada la situación social en la que se enmarca el tipo de aprendizaje y el tipo de trabajo que abordamos con nuestra investigación, se está en condiciones de desarrollar los sistemas desde un punto de vista tecnológico.

Las entidades participantes en la situación descrita son alumnos y profesores organizados en grupos; y los conceptos manejados para materializar los procesos de aprendizaje son los de sesión, actividad y problema. Los alumnos realizan actividades planteadas por el profesor, consistentes en la resolución de problemas, y lo hacen en sesiones de trabajo, que tienen que ser previamente planificadas debido al carácter síncrono del diseño, que lleva consigo una organización y configuración cuidadosa de las experiencias.

El tipo de aprendizaje que efectúan los alumnos se realiza mediante los métodos instruccionales del Aprendizaje Basado en Problemas y del Aprendizaje Mediante Diseño. Los alumnos tienen que construir la solución a un problema de diseño a partir de unas especificaciones contenidas en el enunciado de un problema, efectuando ciertas tareas como harían en la vida real. El aprendizaje se produce de manera personal y por compartir un objetivo común: solucionar el problema. En este proceso se aplica también el principio metodológico del Constructivismo.

Durante la colaboración efectuada por los participantes, que los lleva al aprendizaje o al trabajo en grupo, se producen diferentes tipos de tareas: las propias del dominio, llamadas tareas de diseño, y las de colaboración, que engloban la comunicación para la discusión, la toma de decisiones y la coordinación. En la discusión y en la toma de decisiones se siguen dos tipos de modelos: los basados en contribuciones de proposición y argumentación que terminan en el acuerdo o en el desacuerdo y los basados en procesos de votación por los participantes.

El proceso de diseño se ha modelado mediante un protocolo de colaboración, que se utiliza para coordinar las tareas en la sesión. Un protocolo de colaboración se describe como un diagrama estado-transición en el que cada nodo representa un estado que se asocia con el conjunto de operaciones que se pueden efectuar. El lugar en que el que se realizan o resuelven las actividades se denomina espacio de trabajo de Diseño y Simulación, y en él se cuenta con cinco subespacios de trabajo:

- Diseño: Los alumnos diseñan un modelo que constituye la solución al problema.
- Reparto de Tareas: Organizan el trabajo.
- Parametrización: Discuten y definen los valores de las variables del problema.
- Casos e Hipótesis: Seleccionan los casos a simular y enuncian y verifican hipótesis.
- Simulación: Simulan el modelo.

El subespacio al que se accede inicialmente es al de Diseño; desde él los alumnos van accediendo a los demás para, en un proceso por refinamiento, construir la solución al problema. Cada nodo del protocolo se corresponde con un subespacio. El protocolo ha sido contrastado con expertos en el dominio y profesores, de acuerdo con sus experiencias de diseño y de formación respectivamente.

Se ha estudiado la forma de trabajar de cada individuo en relación con el grupo, lo que se ha modelado con un mecanismo de división del trabajo basado en el reparto de tareas. Para motivar la sensación social de que el alumno se encuentra integrado en un grupo de colaboradores se han utilizado diferentes técnicas de *awareness*, entendido este concepto como la percepción y conocimiento de la interacción que efectúan otras personas dentro de un espacio compartido.

El trabajo efectuado por los grupos se almacena en una base de datos. Parte de esta información se refiere a las tareas relacionadas con el dominio, es decir, el conjunto de objetos y relaciones que constituyen la solución al problema en forma de diseño. Y parte de la información se refiere a las tareas de colaboración. El análisis del primer tipo de

información permite valorar la solución, mientras que el análisis del segundo tipo de información permite caracterizar el comportamiento del grupo y de los individuos y estudiarlo desde un punto de vista social obteniendo conclusiones sobre el trabajo efectuado. Las conclusiones desde las dos vertientes pueden relacionarse para obtener conclusiones sobre la incidencia del proceso efectuado sobre la solución obtenida.

El sistema hace, por tanto, de observador del proceso efectuado, aunque tampoco hay que olvidar al profesor, que puede actuar como tutor, mediador o impulsor de la reflexión y el descubrimiento en el alumno. En concreto, durante la simulación el profesor podrá, como haría en una clase presencial, plantear cuestiones a los alumnos deteniéndola momentáneamente.

Resumiendo, a partir del marco conceptual que suponen el CSCL y el CSCW se ha realizado una caracterización social del comportamiento de un grupo de aprendices cuando colaboran en el desarrollo de una actividad de diseño con el objetivo de aprender y se han identificado las diferentes tareas que efectúan, se han descrito los métodos instruccionales y principios metodológicos aplicados en nuestro trabajo, se han definido técnicas que facilitan la sensación de formar parte de un equipo de trabajo y se ha explicado cómo se almacena la información relevante del proceso para poder reflexionar sobre el proceso de aprendizaje colaborativo.

Perspectiva tecnológica

En un sistema colaborativo es difícil lograr el equilibrio justo entre el grado de flexibilidad y el grado de restricción que se impone a los usuarios. Para lograr esto hemos estructurado el sistema en diferentes espacios de trabajo. Un espacio de trabajo es un lugar de trabajo compartido que permite ofrecer a los usuarios diferentes recursos y funcionalidades para llevar a cabo una tarea de manera conjunta y que se define en función de varios elementos: los perfiles de los participantes, el soporte de comunicación, el tipo y estructura de la tarea, el modelo de interacción y los métodos de acuerdo.

La identificación de perfiles de usuarios permite clasificar las funcionalidades disponibles. La comunicación y la interacción se han modelado utilizando Protocolos de Colaboración, técnicas de Estructuración Flexible y actos del habla de acuerdo a la Teoría de la Perspectiva del Lenguaje/Acción: las interacciones posibles entre los usuarios se describen mediante grafos. Las tareas se dividen en subtareas y guían al usuario en la realización del trabajo. Los métodos de acuerdo modelizan la forma en que se toman las decisiones.

Se ha diseñado una arquitectura física que supone una propuesta para la realización de entornos síncronos de aprendizaje colaborativo del diseño mediante simulación. Esta arquitectura es abierta y se basa en la existencia de un proceso llamado Coordinador que distribuye y almacena las interacciones síncronas que producen los usuarios de acuerdo a un esquema centralizado. Para cada usuario existe un proceso llamado Receptor que captura las interacciones distribuidas por el Coordinador, que son las de otros usuarios, y envía las suyas propias a éste. El lenguaje subyacente a esta comunicación se basa en un protocolo que se ha descrito formalmente. La arquitectura se basa en el modelo TCP/IP y en canales de comunicación mediante *sockets*. En las primeras experiencias de explotación se han utilizado diferentes sistemas operativos y diferentes SGBD, pero siempre bajo el

principio de la interoperabilidad. Se han utilizado sistemas Windows y Linux, y se han utilizado las bases de datos Microsoft Access®³⁸, Oracle®³⁹, Borland InterBase®⁴⁰ y MySQL®⁴¹. El entorno se ha construido en Java⁴² para su funcionamiento sobre Internet/Intranet y para facilitar su utilización a distancia.

En un proceso de diseño iterativo, en el que el desarrollo se realimenta con pruebas de uso reales, se ha obtenido un entorno que permite la definición y propuesta de actividades de aprendizaje, la realización de estas actividades mediante el diseño y la simulación y el análisis de las actividades. Esto se ha materializado en una arquitectura en tres niveles: Organización, Experiencia y Análisis. En estos niveles se identifican una serie de subsistemas utilizados en los espacios de trabajo de Gestión de Actividades, Comunicación y Coordinación, Diseño y Simulación y Monitorización y Análisis. A continuación se describen estos subsistemas.

Subsistema Gestor de Actividades

Este subsistema está formado por la colección de herramientas que tiene a su disposición el profesor para la definición y propuesta de actividades de aprendizaje. Las herramientas disponibles se clasifican en cuatro grupos:

- Gestión de participantes: Permiten gestionar los alumnos y profesores participantes en las actividades y su organización en grupos. Cada grupo contiene a un conjunto de alumnos y un conjunto de profesores coordinadores.
- Gestión de problemas: Los problemas que deben resolver los alumnos se clasifican en una memoria organizativa en la que se incluyen los objetivos de resolución, las necesidades y restricciones, las condiciones de funcionamiento y los casos e hipótesis de simulación. También se dispone de herramientas de autor para la creación de contenidos relativos al dominio abordado.
- Gestión de actividades: Llamamos actividad a la propuesta de un problema concreto a un grupo concreto, junto con la especificación del nivel de ayuda ofrecido, del modelo de argumentación para la parametrización a utilizar y del tipo de integración de reparto a efectuar. Estas herramientas también permiten configurar las sesiones de trabajo para la realización de actividades. Definimos la sesión como el periodo de tiempo en el que el grupo efectúa actividades de diseño en el espacio de trabajo correspondiente.
- Gestión de información de simulación: Permiten mantener información relativa al comportamiento del modelo en la simulación.

³⁸ <http://www.microsoft.com/office/access>

³⁹ <http://www.oracle.com>

⁴⁰ <http://www.borland.com/interbase>

⁴¹ <http://www.mysql.com>

⁴² <http://java.sun.com>

Subsistema de Comunicación y Coordinación

Este subsistema engloba el conjunto de herramientas de soporte disponibles para la comunicación y la coordinación, que se clasifican en dos grupos: las herramientas generales, utilizadas desde los espacios de trabajo de Gestión de Actividades y de Comunicación y Coordinación, y las herramientas específicas, que son accedidas y utilizadas desde el espacio de Diseño y Simulación.

Las herramientas generales son el Correo Electrónico, el Chat y la Agenda de Sesiones.

Las herramientas específicas son las siguientes:

- **Chat Dirigido:** Consiste en un chat que ofrece un conjunto preestablecido de frases que, en algunos casos, tienen que completarse con texto por parte del usuario. Los tipos de mensajes han sido elegidos por profesores, alumnos y expertos en el dominio. La herramienta activa y desactiva los botones para el envío de mensajes en función del estado en que se encuentra. Se dispone de un botón que permite introducir texto libre para cuando esto sea necesario.
- **Herramienta de Toma de Decisiones:** También es llamada Herramienta de Voto. Permite proponer una pregunta con el fin de alcanzar una decisión sobre algún aspecto. Hay tres tipos de preguntas: (1) las que tienen una respuesta afirmativa o negativa, (2) las que tienen como respuesta un valor real y (3) las que tienen como respuesta una alternativa entre un conjunto de posibilidades. Esto completa un proceso de Definición, Respuesta y Resultados. Es precisamente la funcionalidad de proponer preguntas con respuesta sí/no la que permite la sincronización en el desplazamiento a través de los subespacios de trabajo.

Subsistema de Diseño y Simulación

En este subsistema se materializa el modelo de interacción propuesto. En el espacio de trabajo correspondiente a este subsistema se diseña la solución al problema haciendo uso de la simulación. La colaboración es fundamentalmente síncrona, y se utiliza un modelo de interacción basado en cinco subespacios de trabajo que estructuran el trabajo de diseño de la solución: Diseño, Reparto de Tareas, Parametrización, Casos e Hipótesis y Simulación. Para sincronizar el trabajo a lo largo de los cinco subespacios se utiliza un protocolo de colaboración.

El dominio en el que nos basamos es el diseño domótico, también conocido como automatización de viviendas y edificios. Este dominio ha sido modelizado mediante un conjunto de objetos, llamados operadores, y un conjunto de relaciones entre estos operadores. Cada uno de los operadores contiene un conjunto de propiedades y un comportamiento. En el comportamiento de todo el sistema los operadores experimentan cambios en las propiedades y en su representación externa en forma de imágenes.

A continuación se describen los diferentes subespacios.

Subespacio de Diseño

En éste se han pretendido aunar las ventajas de los entornos que incorporan mecanismos de argumentación estructurados con las ventajas de los que permiten el trabajo libre sobre una superficie de trabajo compartida. Esta estructuración limita la excesiva libertad del alumno, que no le llevaría a un eficiente proceso de resolución de problemas, y facilita la materialización de la colaboración síncrona.

Las operaciones que efectúan los alumnos sobre la superficie de diseño son tareas de edición (inserción, eliminación y movimiento de operadores y enlaces), de relación entre operadores y de parametrización de éstos, de acuerdo con el reparto establecido del trabajo. La representación de estas tareas se realiza con la metáfora de interacción mediante manipulación directa. Los alumnos pueden dibujar diferentes figuras (círculos, líneas, flechas, cruces, etc.) con las que ilustrar sus ideas señalando, tachando, marcando zonas, etc.

Hemos dado una gran importancia al *awareness*, entendido como la percepción y conocimiento de la interacción que efectúan otras personas dentro de un espacio compartido. Para lograr esto se dispone de un panel con los miembros de la sesión de diseño en el que aparece su foto, su nombre y su estado. Los estados que mantiene el sistema son: *editando*, *parametrizando*, *seleccionando*, *enlazando*, *simulando*, *diseñando*, *dibujando* y *comunicando*. Además de esto, todas las interacciones son propagadas inmediatamente a los miembros del grupo para ser mostradas en el espacio compartido; también son mostradas de manera textual en la zona de mensajes. Estas funcionalidades permiten saber, por ejemplo, qué están haciendo los usuarios, dónde lo están haciendo, qué intenciones tienen, etc. También se dispone de una zona de mensajes de error. El Panel de Sesión y las zonas de mensajes están disponibles en los cinco subespacios de trabajo.

Tanto en las tareas de diseño como en las de parametrización se deben satisfacer las restricciones del problema. El sistema efectúa controles sobre las interacciones, informando con un mensaje de error cuando no se verifica alguna restricción. El alumno, en este caso, reflexiona sobre los motivos que han producido el error y obtiene sus propias conclusiones. En el proceso de resolución también se muestran al alumno mensajes de asistencia en función del nivel de ayuda de la actividad.

Las tareas efectuadas y el modelo de objetos diseñado sobre la superficie de diseño son almacenados por el sistema. La solución generada es, por tanto, persistente, estando disponible tanto para la consulta del profesor como para el inicio de otra sesión.

Subespacio de Reparto de Tareas

Los alumnos deben decidir cómo reparten las tareas de diseño que cada uno debe llevar a cabo. Estas tareas son las que se efectúan sobre la pizarra de diseño. El reparto tiene dos etapas: la elección del criterio de reparto y, de acuerdo con ese criterio, la asignación de tareas.

Los criterios de reparto posibles son: por zonas de la superficie de trabajo, por áreas y por tareas. También es posible no establecer ningún criterio. La actividad define si el trabajo de cada individuo es observado por todo el grupo o si es privado, no visualizándose en este último caso hasta que así se indique mediante la acción de Integración.

Subespacio de Parametrización

Mediante un proceso de propuestas, y de acuerdo a diferentes modelos de diálogo, los alumnos dan valores consensuados a las diferentes variables del escenario, del problema y de la simulación. Los modelos de diálogo posibles son dos: democrático y basado en propuestas. En el primero, los alumnos proponen diferentes valores y como decisión final se toma el valor dado por la mayoría. En el segundo, cada alumno debe mostrar su acuerdo o desacuerdo con las propuestas de los demás, tomando como decisión el valor que ha alcanzado el consenso, es decir, aquel valor con el que ningún alumno ha manifestado su desacuerdo.

Subespacio de Casos e Hipótesis

Antes de comenzar la simulación, los alumnos deben seleccionar el caso que se simulará dentro de un conjunto de posibilidades. Estos casos van incluidos en la definición del problema, aunque los alumnos pueden definir nuevos casos según su criterio. El problema incorpora hipótesis de simulación y, de la misma manera, los alumnos podrán introducir otras; esto se utiliza como mecanismo fundamental para el proceso de aprendizaje por descubrimiento científico. Después de la simulación, el grupo deberá anotar si las hipótesis se verifican o no. Para materializar los procesos de proposición y selección de casos y de proposición y verificación de hipótesis nos hemos basado en la Perspectiva del Lenguaje/Acción.

Subespacio de Simulación

La simulación efectuada se basa en el Aprendizaje por Descubrimiento en colaboración y la denominamos Simulación Colaborativa por Computador (SCC). Presenta las siguientes características:

- Se realiza una simulación de eventos discretos.
- La simulación se produce en un servidor central que distribuye los eventos a los participantes en la sesión, de manera que la vista de la simulación esté sincronizada en todos los ordenadores.
- Los participantes pueden comunicarse en tiempo real y pueden actuar sobre el modelo que se está simulando.

Elegido un determinado caso de simulación, ésta comienza. Se simula el transcurrir del tiempo con un reloj y en cada paso de simulación se muestran los valores de los parámetros más significativos en relación con el dominio. Uno de los alumnos es el director del grupo, que puede proponer eventos externos para influir en el comportamiento del sistema modelado y observar las respuestas. Eventos típicos pueden ser: encender/apagar operadores, producir roturas, abrir/cerrar puertas, etc. Existe la posibilidad de que pueden intervenir todos los alumnos del grupo simultáneamente. Estas acciones son observadas por todos los alumnos.

El profesor puede opcionalmente estar presente en la sesión, teniendo la posibilidad de interrumpir momentáneamente la simulación y proponer preguntas al grupo de alumnos. En todo momento la comunicación entre los alumnos y el profesor es posible utilizando

herramientas de soporte disponibles en todos los subespacios y procedentes del Subsistema de Comunicación y Coordinación.

Subsistema de Monitorización y Análisis de Actividades

Consiste en una herramienta que permite analizar la información recogida a partir del trabajo con el entorno y facilitar la obtención de conclusiones sobre este proceso mediante la visualización de tablas y gráficas. La información recogida consiste en el registro de los accesos e intervenciones de los usuarios y de los eventos generados por el sistema, además de los propios diseños de los alumnos que se almacenan como un conjunto de objetos, relaciones y atributos.

Los resultados del análisis se representan de forma textual y de forma gráfica, atendiendo a una amplia variedad de criterios y estilos de visualización. Los datos del análisis, al residir en SGBD abiertos, se pueden exportar para ser procesados y visualizados desde otras herramientas externas.

La herramienta permite efectuar un seguimiento de las actividades realizadas por los alumnos considerando los siguientes niveles:

- Proceso realizado: Analizando el trabajo colaborativo de los participantes se estudian aspectos tales como la participación, el reparto de tareas, la comunicación, la coordinación, la discusión y las propias interacciones de diseño y simulación.
- Solución efectuada: El contenido de la solución se estudia desde representaciones y esquemas específicos del dominio en el que se desarrollan las experiencias. Esto permite valorar la calidad de la solución globalmente y por categorías.
- Comparación entre el proceso y la solución: Permite extraer conclusiones sobre la influencia de las características del proceso frente a las características de la solución.

En el análisis se consideran aspectos cuantitativos y cualitativos. Estos últimos se modelan mediante variables lingüísticas y reglas de inferencia. En la inferencia de conclusiones se permite la participación del observador. Se han obtenido datos de actividades realizadas individualmente y actividades realizadas en grupos, observando las diferencias entre ambas aproximaciones.

Como resultado general hemos obtenido una arquitectura que cubre todas las fases del proceso de aprendizaje colaborativo del diseño mediante simulación: definir y configurar actividades, realizarlas y evaluarlas. El sistema se basa en un modelo de interacción semiestructurado, soporta una gran variedad de tareas, ofrece un amplio abanico de herramientas de comunicación y coordinación y da respuesta a las necesidades de análisis del proceso efectuado. Además, se adapta a otros dominios en los que sea de aplicación el diseño y simulación.

Perspectiva experimental

Desde los primeros planteamientos del sistema a desarrollar como fruto de esta investigación, se ha considerado la evaluación del sistema como un requisito fundamental. Por este motivo se ha realizado un importante trabajo de evaluación empleando dos aproximaciones:

- Evaluación formativa: Se realizó durante todo el desarrollo del sistema. Su objetivo era comprobar que éste cumpliera con lo que los usuarios esperaban de él, tanto alumnos como profesores y expertos. A este nivel se determinaron tareas de usuario y se obtuvo información relativa a la funcionalidad que el sistema debía ofrecer. Del mismo modo se localizaron y depuraron fallos de funcionamiento y de concepción del sistema.
- Evaluación heurística: Se aplicó a los últimos prototipos y al sistema final con el objetivo de contrastarlos con un *framework* de reglas heurísticas que permite detectar problemas de usabilidad en los sistemas colaborativos.

Para garantizar y facilitar esta evaluación, el proceso de diseño del sistema se ha enfocado desde el punto de vista de un proceso de ingeniería y se ha centrado en torno a los siguientes principios:

- Diseño iterativo.
- Diseño participativo.
- Diseño basado en prototipos.

Durante el diseño y desarrollo del sistema se han generado en las sucesivas iteraciones diversos prototipos que han servido para validar diferentes partes del sistema, siempre con la participación de los usuarios finales: profesores, alumnos y expertos en el dominio. Las partes del sistema más afectadas por esta evaluación son:

- El modelo del dominio.
- Las herramientas de autor para la gestión de grupos de trabajo y experiencias.
- El entorno de diseño y simulación; en particular la estructuración de la interacción en las tareas.
- Las herramientas de comunicación, coordinación y toma de decisiones.
- Las herramientas para el análisis de experiencias.

En el proceso de desarrollo mencionado anteriormente se han efectuado casos de prueba para depurar los sistemas. También se han abordado fases como las siguientes:

- Realización de bocetos para diseñar y validar las interfaces de usuario.
- Consulta a profesionales que trabajan en las disciplinas de Interacción Persona-Ordenador e Interfaces de Usuario.
- Mejora y depuración de la funcionalidad ofrecida por cada una de las herramientas que forman el sistema.
- Estudio de la usabilidad mediante el contraste con los estándares más representativos.
- Ajuste de las necesidades de comunicación y optimización de la transmisión de información, de acuerdo a las posibilidades ofrecidas por la tecnología disponible en los entornos de experimentación.
- Utilización de diferentes SGBD y sistemas operativos hasta determinar el que mejor se ajusta a nuestras necesidades.

La realización de experiencias reales con DomoSim-TPC ha contribuido a la obtención de conclusiones sobre la forma de trabajo y dinámica de los grupos de alumnos. Además, utilizando el modelo que hemos planteado para la realización de actividades de aprendizaje colaborativo, tanto a distancia como en el aula, se han podido extraer conclusiones sobre los objetivos didácticos que se han alcanzado. Pero sobre todo, los datos obtenidos en las experiencias han demostrado que las estrategias y procesos colaborativos propuestos son beneficiosos para el aprendizaje colaborativo del diseño.

Perspectiva de transferencia de conocimiento

Se han detallado las características de los productos obtenidos (modelos, arquitecturas y programas) desde el ámbito del CSCL, y se han adaptado para su aplicación a sistemas de CSCW utilizados para el diseño. Se ha modelizado el tipo de dominio de diseño al que poder aplicar los modelos, arquitecturas y programas obtenidos mediante un proceso de abstracción, a partir de nuestro caso de estudio, basado en el paradigma de la orientación a objetos. Esto permitirá su extensión a nuevos dominios que presenten características comunes con el utilizado en nuestra investigación.

2. Ventajas frente a otras propuestas

En el ámbito del CSCL están apareciendo multitud de propuestas y de entornos para diferentes dominios y situaciones. La mayoría de estas propuestas se basan en una colaboración asíncrona, debido a varios factores: (1) su carácter más atractivo por ser utilizadas en situaciones en las que las aportaciones son más reflexivas; (2) su cercanía con el correo electrónico, que es el tipo de software más utilizado en todo el mundo; (3) por la complejidad de los sistemas síncronos y la inmadurez de la tecnología actual para soportarlos con los rendimientos requeridos. En nuestra investigación nos hemos planteado el reto de materializar un modelo estructurado de colaboración síncrona en un sistema para el aprendizaje del diseño.

En el capítulo IV DomoSim-TPC fue comparado con diferentes sistemas de CSCW, CSCL y SCC. Las similitudes de nuestro sistema con otras propuestas relacionadas con aprendizaje colaborativo son las siguientes:

- Se utilizan para el aprendizaje de materias en las que el diseño juega un papel importante, desarrollándose tareas que dan lugar a la construcción de un determinado artefacto o escenario (DDA, SCOPE, AEN, etc.).
- Trabajan con información síncrona (DOLPHIN, SEPIA, SCOPE, GroupDraw (Greenberg et al, 1993), C-CHENE, ERCIS, CARDBOARD, COLER, TurboTurtle, etc.).
- Funcionan a través de tecnología WWW (WebGuide (Stahl, 2000; Stahl & Herrmann, 1999), WebNet, Web-SMILE (Guzdial et al, 1997), Web-CaMILE (Guzdial et al, 1997), etc.).
- Estructuran las tareas a desarrollar por los aprendices en diferentes espacios de trabajo (DEGREE, SCOPE, SEPIA, SMILE, etc.).
- Se basan en el diseño sobre una superficie de trabajo compartida mediante el paradigma de la manipulación directa y ofreciendo *awareness* (DOLPHIN, SCOPE, GroupKit (Gutwin et al, 1995), etc.).
- Ofrecen herramientas para la comunicación alumno-alumno y alumno-profesor (DEGREE, SESAM, SIMPLE, LESP, etc.).
- Hacen uso de la simulación para favorecer y reforzar el aprendizaje (WebNet, LESP, SESAM, SIMPLE, AgentSheets (Repenning & Sumner, 1995), etc.).
- Analizan el proceso de aprendizaje mediante alguna técnica (DEGREE, EPSILON, CARDBOARD, COLER, GRACILE (Ayala & Yano, 1998), etc.).

Creemos que estas características, presentes en algunos sistemas, no están presentes en su totalidad en ninguno de ellos. Por otro lado, las aportaciones y ventajas que ofrece nuestro sistema sobre otros sistemas de soporte al aprendizaje colaborativo son:

- Se aborda el diseño de un dominio complejo como es el de la Domótica.
- Ofrece un amplio conjunto de herramientas de autor para definir los problemas, con un rico conjunto de propiedades y restricciones, y los escenarios, así como herramientas para la organización de la información que caracteriza a una situación de aprendizaje del diseño, como actividades, alumnos, profesores, grupos, sesiones, etc.
- Ofrece un completo conjunto de herramientas asíncronas (Correo Electrónico y Agenda de Sesiones) y síncronas (chat tradicional, Chat Dirigido, Herramienta de Toma de Decisiones y herramientas de teleapuntamiento y telepresencia) para la planificación, la comunicación, la coordinación y la toma de decisiones.
- Se realiza una colaboración síncrona sobre una superficie de trabajo compartida orientada al diseño de un modelo que será simulado. Este modelo está formado por un escenario, un conjunto de objetos representados mediante iconos gráficos que se sitúan sobre éste y un conjunto de relaciones entre estos objetos.
- Se aúnan los beneficios del CSCL y de la simulación, logrando efectuar ésta última a distancia en tiempo real por un grupo de alumnos, con la posibilidad de que interaccionen por turnos o de forma global con la simulación y permitiendo al profesor establecer pausas para tutorizar al grupo y favorecer el razonamiento, la discusión y el descubrimiento.
- Se aúnan las ventajas de los entornos que incorporan mecanismos de argumentación estructurados con las ventajas de los entornos que permiten el trabajo libre sobre una superficie compartida. Para ello se ofrece un protocolo de colaboración sobre diferentes espacios de trabajo y un mecanismo para la organización del trabajo mediante reparto de tareas. El desplazamiento de todo el grupo a través de los diferentes espacios de trabajo se sincroniza mediante una herramienta basada en la toma de decisiones. Esta herramienta informa, además, de los procesos de proposición y decisión, permitiendo a los alumnos aprender, a partir de la observación y la reflexión, de las respuestas de los demás, y resuelve los posibles conflictos.
- Antes de comenzar el diseño detallado, los participantes parten de un diseño generado por el sistema a partir de una representación abstracta de más alto nivel denominada Plan de Diseño (Redondo, 2002; Redondo et al, 2002). En cualquier momento posterior puede consultarse este plan consensuado.
- Se incluye una herramienta de análisis de experiencias de enseñanza que, además de presentar información gráficamente y de calcular y mostrar datos cuantitativos y cualitativos, genera conclusiones sobre el proceso de colaboración efectuado por el grupo de alumnos frente a la calidad y características de la solución construida. Esto es posible porque en el dominio complejo en el que se centran las experiencias (Domótica) la calidad de las soluciones se puede valorar y medir.
- Los mecanismos de comunicación para soportar la colaboración síncrona se basan en una arquitectura centralizada en la que un servidor, llamado Coordinador, distribuye las interacciones a los diferentes clientes. A partir de medidas experimentales se ha optimizado el rendimiento mediante diferentes ajustes, uno de los cuales ha sido la utilización de tramas de datos comprimidas.

Aunque en esta investigación se ha abordado un caso de estudio particular, como es el de la Domótica, hay partes de ella, concretadas en modelos, herramientas y funcionalidades del entorno informático construido, que son útiles fuera de este sistema: las herramientas de gestión (actividades, alumnos, profesores, grupos, sesiones, etc.), las

herramientas de comunicación y coordinación, la arquitectura funcional y física, el modelo de interacción basado en la estructuración, el modelo de simulación colaborativa en tiempo real con diseño del escenario, las técnicas de *awareness* y el modelo de análisis de experiencias colaborativas que estudia el proceso y el resultado. Las herramientas enunciadas son utilizables directamente en otros dominios, y los modelos y arquitecturas constituyen una propuesta de marco para la realización de entornos de aprendizaje mediante diseño y simulación.

3. Líneas de trabajo futuro

Este trabajo debe continuarse realizando una evaluación sumativa. En esta línea es preciso implementar en el entorno el algoritmo propuesto que calcula la influencia que tiene el proceso efectuado por el grupo sobre la solución creada, y aplicarlo a la totalidad de las experiencias realizadas y a otras nuevas.

Además de esto, dada la envergadura de la investigación y su carácter multidisciplinar, es posible establecer interesantes líneas de trabajo futuro que sean también de aplicación a otras herramientas o entornos similares. Estas líneas generales las agrupamos en tres áreas:

- Mejoras pedagógicas:
 - De cara a obtener una mayor facilidad de uso y una guía eficiente en la consecución de los objetivos pedagógicos, se podría incluir en el sistema un Asistente Automático en tiempo real que, dependiendo del contexto, asistiese y ayudase al usuario y al grupo.
 - Se estudiará el nivel de complejidad que es abordable con el sistema para proponer cambios en el protocolo de colaboración o en los aspectos de visualización del problema. Por ejemplo, para resolver problemas sencillos puede reducirse el protocolo eliminando la fase de reparto de tareas, mientras que problemas más complejos pueden requerir nuevas formas de visualización de los modelos ya que no es posible su representación completa en la actual superficie de diseño.
 - Mejorar el tratamiento de las hipótesis, enlazándolas con las variables de los experimentos, y de las relaciones entre ellas, para mejorar los mecanismos de razonamiento y aprendizaje basados en hipótesis.
- Inclusión de nuevos paradigmas de interacción:
 - Se analizará la posibilidad de adaptar DomoSim-TPC para su ejecución en dispositivos móviles. En los PDA será preciso estudiar si el diseño colaborativo con estos dispositivos de interfaz tan reducida aportaría beneficios en la situación de aprendizaje modelada y plantear qué nuevos enfoques serían necesarios en este caso. Las nuevas *Tablet PC* suponen un interesante dispositivo debido a sus capacidades de ubicuidad y conectividad, y disponen de una interfaz de visualización similar a la de un PC.
 - Incorporar a la simulación y diseño de DomoSim-TPC técnicas de realidad aumentada o realidad virtual e interacción 3D, que harán más realistas el modelado y la experimentación y despertarán el interés de los estudiantes.

- Aspectos de reusabilidad y generalización:
 - Se utilizarán lenguajes de especificación para la definición genérica de casos de estudio, describiendo modelos de objetos y comportamiento que supongan nuevos dominios en los que aplicar DomoSim-TPC, haciendo de este modo al sistema genérico o independiente del dominio en algunas de sus partes. Algunos de estos dominios podrían ser el diseño de instalaciones, de sistemas de información, de redes de ordenadores o de circuitos eléctricos, electrónicos o digitales. El lenguaje de especificación podría ser XML.

Bibliografía

- Adams, R.S. & Atman, C.J. (1999) *Cognitive Processes in Iterative Design Behavior*. Proceedings of Frontiers in Education Conference. November 10-13, 1999 San Juan, Puerto Rico.
- Arnseth, H.C., Ludvigsen, S., Wasson, B. & Mørch, A. (2001) *Collaboration and Problem Solving in Distributed Collaborative Learning*. Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning. Maastricht, Netherlands, March 22-25.
- Asencio (1997) *Instalaciones domóticas e industriales: Ideas prácticas*.
- Atkinson, J.M. & Heritage, J. (1984) *Structures of social action*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ausubel, D.P. (1976) *El aprendizaje receptivo y la dimensión memorístico-significativa*. Stones, E. (Ed.) Psicología educativa. Madrid: Magisterio Español.
- Ayala, G. & Yano, Y. (1998) *A collaborative learning environment based on intelligent agents*. Expert Systems with Applications. N° 14, pp. 129-137.
- Baecker, R.M. (1993) (Ed.) *Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
- Baker, K., Greenberg, S. & Gutwin, C. (2000) *Heuristic Evaluation of Groupware Based on the Mechanics of Collaboration*. Report 2000-669-21, Departament of Computer Science, University of Calgary, Alberta, Canada, October.
- Baker, M. & Lund, K. (1996) *Flexibly structuring the interaction in a CSCL environment*. Brna, P., Paiva, A. & Self, J.A. (Eds.) Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence in Education. Lisbon: Editicoes Colibri.
- Baker, M. & Lund, K. (1997) *Promoting reflective interactions in a CSCL environment*. Journal of Computer Assisted Learning. No. 3, vol. 13, September, pp. 175-193.
- Banavar, G., Doddapaneni, S., Miller, K. & Mukherjee, B. (1998) *Rapidly Building Synchronous Collaborative Applications By Direct Manipulation*. Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Collaborative Work (CSCW), Seattle, november, pp. 139-148.
- Bannon, L.J., Bjorn-Andersen, N. & Due-Thomsen, B. (1988) *Computer support for cooperative work: An appraisal and critique*. H.J. Bullinger (Ed.) EUROINFO'88, pp. 184-190, Amsterdam: North Holland.
- Barbieri, M.S. & Light, P.H. (1992) *Interaction, gender, and performance on a computer-based problem solving task*. Learning and Instruction, 2, pp. 199-213.
- Barros, B. & Verdejo, F. (2000a) *DEGREE: Un sistema para la realización y evaluación de experiencias de aprendizaje colaborativo en enseñanza a distancia*. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, nº 9, pp. 27-37.

- Barros, B. & Verdejo, F. (2000b) *Analysing student interaction processes in order to improve collaboration. The DEGREE approach*. International Journal of Artificial Intelligence in Education, nº 11, pp. 221-241.
- Barros, B. (1999) *Aprendizaje Colaborativo en Enseñanza a Distancia: Entorno Genérico para Configurar, Realizar y Analizar Actividades en Grupo*. Tesis Doctoral, Departamento de Inteligencia Artificial, Universidad Politécnica de Madrid.
- Barrows, H.S. & Feltovich, P.J. (1987) *The clinical reasoning process*. Journal of Medical Education, 21, pp. 86-91.
- Barrows, H.S. & Tamblyn, R. (1980) *Problem-based learning: An approach to medical education*. New York: Springer.
- Barrows, H.S. (1985) *How to design a problem-based curriculum for the preclinical years*. NY: Springer.
- Barrows, H.S. (1994) *Practice-based learning: Problem-based learning applied to medical education*. Springfield, IL: Southern Illinois University School of Medicine.
- Barrows, H.S. (2001) *Problem Based Learning Initiative*. Southern Illinois University School of Medicine. <http://www.pbli.org/pbl>.
- Belloch, C. (2000) *Teorías de aprendizaje y diseños instruccionales*. Dpto. MIDE. Fac. Filosofía y CC. Educación. UVEG. <http://cfv.uv.es/belloch/2tie4c11.htm>.
- Berglund, E. & Eriksson, H. (1999) *Distributed Interactive Simulation for Group-Distance Exercises on the Web*. <http://www.isima.fr/scs/wbms/d21/Ws.html>.
- Bertalanffy, L.V. (1968) *General Systems Theory: Foundations, Development, Applications*. New York, George Brazillier.
- Bharat, K. & Brown, J. (1994) *Building Distributed Multi-User Applications by Direct Manipulation*. Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'94), november, pp. 71-81.
- Bharat, K. & Cardelli, L. (1995) *Migratory Applications*. Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST'95), november.
- Blumenfeld, P., Soloway, E., Marx, R., Krajcik, J., Guzdial, M. & Palincsar, A. (1991) *Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning*. Educational Psychologist, 26, pp. 369-398.
- Bonk, C.J. & King, K.S. (1998) *Electronic Collaborators: Learner-Centered Technologies for Literacy, Apprenticeship and Discourse*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Booch, G., Rumbaugh, J. & Jacobson, I. (1999) *El lenguaje unificado de modelado*. Madrid: Addison Wesley.
- Bravo, C. & Redondo, M.A. (2000) *Domótica*. Informe Interno. Grupo CHICO. Universidad de Castilla – La Mancha.
- Bravo, C. (1999b) *Estrategias de Colaboración en Entornos de Simulación para el Aprendizaje por Descubrimiento en Grupo y a Distancia*. Trabajo de investigación de Doctorado. Dpto. de Informática, Universidad de Castilla – La Mancha.
- Bravo, C., Redondo, M.A., Bravo, J. & Ortega, M. (1999a) *A Simulation Distributed Cooperative Environment for the Domotic Design*. Barthès, J.P., Lin, Z. & Ramos, M. (Eds) Proceedings of Computer Supported Cooperative Work in Design, Compiègne (France), pp. 3-6.

- Bravo, C., Redondo, M.A., Bravo, J. & Ortega, M. (1999b) *Diseño colaborativo en entornos de simulación para aprendizaje a distancia*. Actas del I Simposio Ibérico de Informática Educativa, 1º SIIIE. Aveiro (Portugal).
- Bravo, C., Redondo, M.A., Bravo, J. & Ortega, M. (2000b) Diseño y Simulación en Colaboración Síncrona por Computadora. Ponencia en Curso de Verano Simulaciones en la Enseñanza. Universidad de Castilla – La Mancha. Puertollano, 20 y 21 de julio.
- Bravo, C., Redondo, M.A., Bravo, J. & Ortega, M. (2000c) *DOMOSIM-COL: A Simulation Collaborative Environment for the Learning of Domotic Design*. SIGCSE Bulletin (ACM) – Inroads, pp. 65-67, vol. 32, no. 2, june 2000.
- Bravo, C., Redondo, M.A., Bravo, J., Ortega, M. & Lacruz, M. (2000a) *Synchronous Drawing Actions in Environments of Collaborative Learning of Design*. Ortega, M. & Bravo, J. (Eds.) Computers and Education in the 21st Century, pp. 107-118. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Bravo, C., Redondo, M.A., Ortega, M. & Verdejo, M.F. (2002) *Collaborative Discovery Learning of Model Design*. Cerri, S.A., Gourdères, G. & Paraguaçu, F. (Eds.) Intelligent Tutoring Systems, 6ª Conferencia Internacional, ITS'2002, pp. 671-680, Springer.
- Bravo, J. & Ortega, M. (2001) *Entornos de Simulación*. Ortega, M. & Bravo, J. (Eds.) Sistemas de Interacción Persona-Computador, pp. 105-122. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, Colección Ciencia y Técnica, 32.
- Bravo, J. (1999a) *Planificación del diseño en entornos de simulación para el aprendizaje a distancia*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid.
- Bruffee, K. (1993) *Collaborative learning*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Bush, V. (1945) *As We May Think*. Atlantic Monthly, 176 (1), pp. 101-108, june, 1945.
- Buss, A.H., Uhrmacher, K.A. (1996) *Discrete Event Simulation on the World Wide Web using Java*. Proceedings of the Winter Simulation Conference, pp. 780-785.
- Cañas, J.J. & Waerns, Y. (2001) *Ergonomía Cognitiva. Aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, pp. 99-103.
- Carroll, S., Beyerlein, S., Ford, M. & Apple, D. (1996) *The Learning Assessment Journal as a tool for structured reflection in process education*. Proceedings of Frontiers in Education '96, IEEE, pp. 310-313.
- Clark, H. (1996) *Using Language*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cockburn, A. & Greenberg, S. (1998) *The Design and Evolution of TurboTurtle, a Collaborative Microworld for Exploring Newtonian Physics*. International Journal of Human Computer Studies, 48 (6), pp. 777-801, Academic Press.
- Coleman, D. (1992) (Ed.) *Groupware '92*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1992.
- Collis, B. & Smith, C. (1997) *Desktop multimedia environments to support collaborative distance learning*. Instructional Science, vol. 25, nº 6, november, pp. 433-462.
- Collis, B. (1993) *Cooperative Learning and CSCW: Research Perspectives for Internetworked Educational Environments*. Paper in IFIP Working Group 3.3. Working Conference, Lessons from Learning, Theme B. Archamps. Francia.
- Conanan, D.M. & Pinkard, N. (2001) *Students' Perceptions of Giving and Receiving Design Critiques in an Online Learning Environment*. Proceedings of the European

Conference on Computer-Supported Collaborative Learning. Maastricht, Netherlands, March 22-25.

Constantino-Gonzalez, M. & Suthers, D. (2000) *A coached collaborative learning environment for Entity-Relationship modeling*. Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal, Canada, pp. 324-333.

Constantino-González, M.A. & Suthers, D.D. (2001) *Coaching Collaboration by Comparing Solutions and Tracking Participation*. Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning. Maastricht, Netherlands, March 22-25.

Constantino-González, M.A., Suthers, D.D., Icaza, J.I. (2001) *Designing and Evaluating a Collaboration Coach: Knowledge and Reasoning*. 10th International Conference on Artificial Intelligence in Education, May 19-23, San Antonio, Texas.

Cooley, W.W. & Lohnes, P.R. (1976) *Evaluation research in education*. New York: Irvington Publishers, 1976.

Cooney, D.H. (1998) *Sharing Aspects Within Aspects: Real-Time Collaboration in the High School English Classroom*. Bonk, C.J. & King, K.S. (1998) *Electronic Collaborators: Learner-Centered Technologies for Literacy, Apprenticeship and Discourse*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Cox, K. & Walker, D. (1993a) *User Interface Design. Objects and Actions*. Singapur: Prentice Hall, pp. 120-173.

Cox, K. & Walker, D. (1993b) *User Interface Design. Guide-lines for User-Interfaces*. Singapur: Prentice Hall, pp. 174-210.

Cox, K. & Walker, D. (1993c) *User-Interface Design. What Makes a Good Computer System?* Singapur: Prentice Hall, pp. 1-32.

Crow, D., Parsowith, S. & Wise, B. (1996) *The Evolution of CSCW. Past, Present and Future Developments*. SIGCHI Bulletin. April 1996, vol. 29, n. 2, pp. 20-27.

Cuena, J. (1995) *Notas sobre Modelos de Representación del Razonamiento*. Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid.

De Jong, T. & van Joolingen, W.R. (1998) *Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains*. Review of Education Research, summer 1998, vol. 68, no. 2, pp. 179-201.

De Jong, T., van Joolingen, W., Pieters, J. & van der Hulst, A. (1993) *Why is discovery learning so difficult? and what can we do about it?*. EARLI conference. Aix-en-Provence.

De Lara, J. (2000) *Integración de herramientas de simulación para la realización de aplicaciones de enseñanza*. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Informática. Universidad Autónoma de Madrid.

Dede, C.J. (1990) *The evolution of distance learning: Technology-mediated interactive learning*. Journal of Research in Computing in Education, 22 (3), pp. 247-264.

Delta (1990) *Groupware for Educational Environment*. Proyecto Delta 7002.

DeSanctis, G. & Gallupe, B. (1987) *A foundation for the study of group decision support systems*. Management Science, vol. 33, no. 5, pp. 589-609.

Despres, C., & George, S. (2001) *Supporting Learners' Activities in a Distance Learning Environment*. International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning (IJCEELL). Vol. 11, No. 3, pp. 261-272

- Dewan, P. & Choudhary, R. (1991) *Flexible user interface coupling in collaborative systems*. Proceedings of ACM CHI'91 Conference, New Orleans, Louisiana, april 27 – may 2, pp. 41-49.
- Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A. & O'Malley, C. (1996) *The evolution of research on collaborative learning*. Espada, E. & Reiman, P. (Eds.) *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science*. (pp. 189-211). Oxford: Elsevier.
- Dix, A., Findlay, J., Abowd, G. & Beale, R. (1993) *Human-Computer Interaction*. Prentice Hall.
- Dodl, N.R. (1990) *Instructional groupware: Design considerations*. Dalton, D.W. (Ed.) Proceedings of the 32nd Annual International Conference of the Association for the Development of Computer-Based Instructional Systems, pp. 344-352. Columbus, OH: The Ohio State University.
- DOLPHIN. *Quick Reference Manual*.
- Donath, J., Karahalios, K. & Viegas, F. (1999) *Visualizing Conversations*. Proceedings of HICSS-32, Maui, Hawaii.
- Dourish, P. & Bellotti, V. (1992) *Awareness and Coordination in Shared Workspaces*. Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work, Toronto, pp. 107-114.
- Dyson, E. (1992) *A framework for groupware*. Coleman, D. (Ed.) *Groupware'92*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann.
- Edelson, D., Pea, R., & Gomez, L.M. (1996) *The Collaboratory Notebook*. Communications of the ACM, 39 (4), 32.
- Edelson, D.C. & O'Neill, D.K. (1994) *The CoVis Collaboratory Notebook: Supporting Collaborative Scientific Inquiry*. NECC'94.
<http://www2.covis.nwu.edu/papers/Papers.html>.
- Ellis, C., Gibbs, S. & Rein, G. (1991) *Groupware: Some Issues and Experiences*. Communications of the ACM. Vol. 34, no. 1, pp. 39-58, January 1991.
- Ellis, C.A. & Gibbs, S.J. (1989) *Concurrency control in groupware systems*. Proceedings of the 1989 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data. May 31 – June 2, 1989, Portland, OR USA Pages 399-407.
- Endsley, M. (1995) *Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems*. Human Factors, 37 (1), pp. 32-64, 1995.
- Engelbart, D. & English, W. (1968) *A Research Center for Augmenting Human Intellect*. Proceedings of the Fall Joint Computing Conference. Vol. 33, pp. 395-410, Montvale, NY, AFIPS Press, 1968.
- Engelbart, D. (1963) *A Conceptual Framework for the Augmentation of Man's Intellect*. Howerton, P. (Ed.) *Vistas in Information Handling*, vol. 1, Spartan Books, pp. 1-29.
- Engelbart, D. (1982) *Towards High-Performance Knowledge Workers*. Office Automation Conference. AFIPS Press.
- Engelbart, D. (1984) *Authorship Provisions in Augment*. IEEE Compcon Conference.
- Fishwick, P.A. (1996) *Web-based Simulation: Some personal observations*. Proceedings of the Winter Simulation Conference, pp.257-264.

- Flaaten, P.O., McCubbrey, D.J., O'Riordan, P.D. & Burgess, K. (1989) *Foundations of Business Systems*. Chicago (EEUU), The Dryden Press.
- Flores, C.F. & Ludlow, J. (1981) *Doing and speaking in the office*. Fick, G. & Sprague, R. (Eds.) *DSS: Issues and Challenges*. London: Pergamon Press.
- Flores, C.F. (1981) *Management and communication in the office of the future*. Doctoral dissertation. University of California at Berkeley.
- Gal, S. (1996) *Footholds for Design*. T. Winograd (Ed.) *Bringing Design to Software*, pp. 253-267, New York, NY: ACM Press.
- Galli, R. (2000) *Data Consistency Methods for Collaborative 3D Editing*. Tesis Doctoral, Departamento de Ciencias Matemáticas e Informática, Universidad de las Islas Baleares.
- Garfinkel, D., Gust, P., Lemon, M. & Lowder, S. (1989) *The SharedX multi-user interface user's guide, version 2.0*. Hewlett-Packard Laboratories, Technical report STL-TM-89-07, march.
- George, S. & Leroux P. (2001) *Project-Based Learning as a Basis for a CSCL Environment: An Example in Educational Robotics*. Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning. Maastricht, Netherlands, March 22-25, pp.269-276.
- Goldberg, A. (1994) *Groupware Lecture Notes*. Computer Science Department. New York University, Fall 1994. <http://cs.nyu.edu/cs/faculty/args/groupware/syllabus.html>.
- Gould, J.D. & Lewis, C. (1985) *Designing for Usability: Key Principles and What Designer Think*. Communications of ACM, vol. 28, nº 3, March, pp. 300-311.
- Greenbaum, J. & Kyng, M. (1991) *Design at Work: Cooperative design of computer systems*. Lawrence Erlbaum.
- Greenberg, S. (1991) (Ed.) *Computer-Supported Cooperative Work and Groupware* (Computers and People Series). New York: Academic Press, 1991.
- Greenberg, S. (2000) *Real Time Distributed Collaboration*. Partha Dasgupta & Joseph E. Urban (Eds.) *Encyclopedia of Distributed Computing*. Kluwer Academic Publishers.
- Greenberg, S., Hayne, S. & Rada, R. (1995) (Eds.) *Groupware for real time drawing: A designer's guide*. McGraw Hill.
- Greenberg, S., Roseman, M., Webster, D. & Bohnet, R. (1993) *Issues and Experiences Designing and Implementing Two Group Drawing Tools*. Baecker, R.M. (Ed.) *Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work*, pp. 609-620. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1993.
- Greif, I. (1988) (Ed.) *Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1988.
- Grosz, B.J. (1996) *Collaborative Systems*. AI Magazine, American Association for Artificial Intelligence, summer 1996, pp. 67-85.
- Grudin, J. (1994) *Computer-Supported Cooperative Work: History and Focus*. Computer, May, pp. 19-26.
- Gutwin, C. & Greenberg, S. (1996) *Workspace Awareness for Groupware*. Proceedings on of the Conference on Human Factors in Computing Systems. Vancouver, pp. 208-209, 1996.

- Gutwin, C. & Greenberg, S. (1997) *Workspace Awareness*. CHI'97 Workshop on Awareness in Collaborative Systems. Atlanta, Georgia, March 22-27.
- Gutwin, C. & Greenberg, S. (1998) *Design for Individuals, Design for Groups: Tradeoffs between power and workspace awareness*. Proceedings of ACM CSCW'98, Seattle, ACM Press.
- Gutwin, C. & Greenberg, S. (1999) *A Framework of Awareness for Small Groups in Shared-Workspace Groupware*. Technical Report 99-1. Department of Computer Science, University of Saskatchewan, Canada.
- Gutwin, C. & Greenberg, S. (2000) *The Mechanics of Collaboration: Developing Low Cost Usability Evaluation Methods for Shared Workspaces*. IEEE 9th International Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WET-ICE'00).
- Gutwin, C., Stark, G. & Greenberg, S. (1995) *Support for workspace awareness in educational groupware*. Proceedings of CSCL'95. The First International Conference on Computer Support for Collaborative Learning, pp. 147-156.
- Guzdial, M., Kolodner, J., Hmelo, C., Narayanan, H., Carlson, D., Rappin, N., Hübscher, R., Turns, J. & Newstetter, W. (1996) *Computer Support for Learning through Complex Problem Solving*. Communications of the ACM, april 1996, vol. 39, no. 4.
- Guzdial, Z., Hmelo, C., Hübscher, R., Nagel, K., Newstetter, W., Puntambekar, S., Shabo, A., Turns, J., Kolodner, J.L. (1997) Integrating and Guiding Collaboration: Lessons Learned in Computer-Supported Collaborative Learning Research at Georgia Tech. Hall, R., Miyake, N. & Enyedy, N. (Eds.). *Proceedings of Computer-Supported Collaborative Learning '97* (pp. 91-100). Toronto, Ontario, Canada.
- Haake, J.M. & Wilson, B. (1992) *Supporting Collaborative of Writing of Hyperdocuments in SEPIA*. Proceedings of CSCW'92. ACM Press, pp. 138-146.
- Hall, R.H. & Mancini, B.M. (1997) *Real life scripted collaborative discussion within the context of a general psychology class*. Cooperative Learning and College Training, 8 (1), pp. 9-10.
- Harasim, L., Hiltz, S.R., Teles, L. & Turoff, M. (1995) *Learning Networks: A Field Guide to Teaching and Learning Online*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Hennessey, S. & Murphy, P. (1999) *The Potential for Collaborative Problem Solving in Design and Technology*. International Journal of Technology and Design Education 9, pp. 1-36.
- Henri, F. & Rigault, C.R. (1996) *Collaborative Distance Learning and Computer Conferencing*. Liao, T. (Ed.) Advanced Educational Technology: Research Issues and Future Potential (NATO Asi Series, Series F, Computer and Systems Sciences, F145) Springer-Verlag.
- Hiltz, S. & Turoff, M. (1992) *Virtual Meetings: Computer Conferencing and Distributed Group Support*. Bostrom, R., Watson, R. & Kinney S. (Eds.) Computer Augmented Teamwork: A Guided Tour. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992, pp. 67-85.
- Hiltz, S.R. (1994) *Online Communities: A Case Study of the Office of the Future*. Ablex, Norwood, NJ.

- Hoadley, C.M. & Hsi, S. (1993) *A Multimedia interface for Knowledge Building and Collaborative Learning*. InterCHI'93, Joint Conference of ACM SIGCHI and INTERACT, Amsterdam, April 24-29, ACM Press, pp. 103-104.
- Hoadley, C.M., Hsi, S. & Berman, B.P. (1995) *Networked Multimedia for Communication and Collaboration*. Annual Meeting of the American Educational Association, San Francisco.
- Hron, A., Hesse, F.W., Reinhard, P. & Picard, E. (1997) *Structured cooperation in computer-supported collaborative learning*. Unterrichtswissenschaft, 1/97, pp. 56-69.
- Hsi, S. & Hoadley, C.H. (1994) *An Interactive Multimedia Kiosk as a Tool for Collaborative Discourse, Reflection and Assessment*. Annual Meeting of the American Educational Association, New Orleans.
- Hutchby, I & Woofitt, R. (1998) *Conversation Analysis: Principles, Practices and Applications*. Cambridge: Polity Press.
- Jermann, P., Soller, A. & Muehlenbrock, M. (2001) *From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning*. Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning. Maastricht, Netherlands, March 22-25.
- Johansen, R. (1988) *Groupware: Computer Support for Business Teams*. New York: The Free Press, 1988.
- Johansen, R., Martin, A., Mittman, R. & Saffo, P. (1991) *Leading Business Teams*. Reading, MA: Addison Wesley, 1991.
- Johnson, D.W. & Johnson, R.T. (1984) *Cooperative small-group learning*. Curriculum Report, 14, pp. 1-6.
- Johnson, D.W., Maruyama, G., Johnson, R.T., Nelson, D & Skon, L. (1981) *Effects of cooperative, competitive and individualistic goal structures on achievement: A meta-analysis*. Psychological Bulletin, 89, 47-62.
- Johnson, P.M., & Moore, C., (1995) *Investigating Strong Collaboration with the Annotated Egret Navigator*. <ftp://ftp.ics.Hawaii.Edu/pub/ics-tr-94-20.ps>.
- Johnson-Lenz, P. & Johnson-Lenz, T. (1981) *Consider the Groupware: Design and Group Process Impacts on Communication in the Electronic Medium*. Hiltz, S. & Kerr, E. (Eds.) Studies of Computer-Mediated Communications Systems: A Synthesis of the Findings. Research Report #16, Computerized Conferencing and Communications Center, New Jersey Institute of Technology, Newark, New Jersey, 1981.
- Jonassen, D.H., Peck, K.L. & Wilson, B.G. (1999) *Learning With Technology. A constructivist Perspective*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.
- Joyce, B. & Weil, M. (1986) *Models of teaching*. 3rd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Kafai, Y. (1995) *Minds in Play. Computer game design as a context for children's learning*. Hillsdale, NH: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kafai, Y.B. & Ching, C.C. (1998) *Talking Science Through Design: Children's Science Discourse Within Software Design Activities*. Bruckman, A., Guzdial, M., Kolodner, J. & Ram, A. (Eds.) Proceedings of International Conference of the Learning Sciences 1998 (pp. 160-166). Atlanta, Georgia.

- Kagan, S. (1985) *Cooperative learning resources for teachers*. Riverside, CA: University of California at Riverside Press.
- Karat, J. (1997) *Evolving the Scope of User-Centered Design*. Communications of the ACM, vol. 40, n° 7, July, pp. 33-38.
- Khoshafian, S. & Buckiewicz, M. (1995) *Introduction to Groupware, Workflow and Workgroup computing*. John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988) *Dual space search during scientific reasoning*. Cognitive Science, 12, pp. 1-48.
- Kolodner, J.L. & Nagel, K. (1999) *The Design Discussion Area: A Collaborative Learning Tool in Support of Learning from Problem-Solving and Design Activities*. Proceedings of the Third International Conference on Computer Support for Collaborative Learning 1999 (CSCL'99).
- Kolodner, J.L. (1993) *Case-Based Reasoning*. Morgan Kaufman Publishers, Inc., San Mateo, CA.
- Kolodner, J.L. (1997) *Educational Implications of Analogy: A view from Case-Based Reasoning*. American Psychologist, vol. 52, no. 1., pp. 57-66.
- Kolodner, J.L., Crismond, D., Gray, J., Holbrook, J. & Puntambekar, S. (1998) *Learning by Design from Theory to Practice*. Bruckman, A., Guzdial, M., Kolodner, J. & Ram, A. (Eds.) Proceedings of International Conference of the Learning Sciences 1998 (pp. 16-22). Atlanta, Georgia.
- Koschmann, T. (Ed.) (1996) *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Koschmann, T., Kelson, A.C., Feltovich, P.J. & Barrows, H.S. (1996) *Computer-Supported Problem-Based Learning: A Principled Approach to the Use of Computers in Collaborative Learning*. Koschmann, T. (Ed.) CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm. Lawrence Erlbaum Associates.
- Krasner, H. (1986) *CSCW'86 Trip report*.
<http://www.useit.com/papers/tripreports/cscw86.html>.
- Lahti, H., Seitamaa-Hakkarainen, P. & Hakkarainen, K. (2001) *The Nature of Collaboration in Computer Supported Designing*. Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning. Maastricht, Netherlands, March 22-25, pp. 269-276.
- Lauwers, J.C., Joseph, T.A., Lantz, K.A. & Romanow, A.L. (1993) *Replicated Architectures for Shared Window Systems: A critique*. Baecker, R.M. (Ed.) Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work, pp. 651-662. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Löhner, S. & van Joolingen, W.R. (2001) *Representations for model construction in collaborative inquiry environments*. Dillenbourg, P., Eurelings, A., Hakkarainen, K. (Eds.) European perspectives on Computer supported collaborative learning, pp 429-436, Maastricht: Maastricht McLuhan Institute.
- Loper, M. & Seidensticker, S. (1994) *The DIS Vision: A Map to the Future of Distributed Simulation*. Orlando, Florida: Institute for Simulation & Training.

- Lund, K., Baker, M.J. & Baron, M. (1996) *Modelling dialogue and beliefs as a basis for generating guidance in a CSCL environment*. Proceedings of the International Conference on Intelligent Tutoring Systems, pp. 206-214. Montreal.
- Maher, M.L. & Rutherford, J.H. (1997) *A Model for Synchronous Collaborative Design Using CAD and Database Management*. Research in Engineering Design, vol. 9, 1997, pp. 85-93.
- Maher, M.L. & Simoff, S.J. (1999) *Variations on the Virtual Design Studio*. Barthès, J.P., Zongkai, L., Ramos, M. (Eds.) Proceedings of Fourth International Workshop on CSCW in Design, pp. 159-165. Compiègne (France).
- Mancini, B.M., Hall, R.H., Hall, M.A. & Stewart, B. (1998) *The individual in the dyad: a qualitative analysis of scripted cooperative learning*. Journal of Classroom Interaction, 33 (1), pp. 14-22.
- Mandl, H. & Renkl, A. (1992) *A plea for "more local" theories of cooperative learning*. Learning and Instruction, n° 2, pp. 281-285.
- Marca, D. & Bock, G. (1992) *Groupware: Software for Computer-Supported Cooperative Work*. IEEE Computer Society Press Tutorial. New York: IEEE Computer Society, 1992.
- Mark, G., Haake, J.M., Streitz, A.N. (1995) *The Use of Hypermedia in Group Problem Solving: An Evaluation of the DOLPHIN Electronic Meeting Room Environment*. Proceedings of the European Conference on Computer-Supported Cooperative Work (E-CSCW'95), Stockholm, September 10-15, 1995, pp. 197-213.
- Mark, M.A. & Greer, J.E. (1993) *Evaluation Methodologies for Intelligent Tutoring Systems*. Journal of Artificial Intelligence in Education (Special Issue on Evaluation), n° 4 (2/3), pp. 129-153.
- McDaniel, S.E. & Brinck, T. (1997) *Awareness in Collaborative Systems*. Workshop Report. SIGCHI Bulletin. October 1997.
- McManus, M. & Aiken, R. (1995) *Monitoring computer-based problem solving*. Journal of Artificial Intelligence in Education, n° 6 (4), pp. 307-336.
- Medélez, E. (2001) *Ambiente de Trabajo Cooperativo en Internet para Management Game*. <http://www.udlap.mx/~liz/tesis>.
- Miao, Y. & Haake, J.M. (1998a) *Supporting Concurrent Design by Integrating Information Sharing and Activity Synchronization*. Proceedings of the 5th ISPE International Conference on Concurrent Engineering Research and Applications (CE98), pp. 165-174, Tokyo, Japan, July 15-17, 1998.
- Miao, Y. & Haake, J.M. (1998b) *Flexible support for group interactions in collaborative design*. Proceedings of the Third International Workshop on CSCW in Design (CSCWID98), Tokyo, Japan, July 15-18, 1998.
- Miao, Y., Pfister, H.R., Wessner, M. & Haake, J.M. (1999) *SCOPE: An Environment for Continuous Improvement Teams in Virtual Corporations*. Proceedings of the ED-MEDIA'99, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, pp. 957-962, Seattle, Washington, June 19-24, 1999.
- Molina, L. & Ruiz, J.M. (1999) *Instalaciones automatizadas en viviendas y edificios*. Madrid: McGraw-Hill.
- Monsef, Y. (1997) *Modelling and Simulation of Complex Systems*. SCS Int., Erlangen, 1997.

- Morgan, B.J.T. (1984) *Elements of Simulation*. Chapman and Hall.
- Muehlenbrock, M., & Hoppe, U. (1999) *Computer supported interaction analysis of group problem solving*. Proceedings of the Computer Support for Collaborative Learning (CSCL) 1999 Conference. Palo alto, CA: Stanford University, 398-405.
- Nair, R.S., Miller, J.A. & Zhang, Z. (1996) *Java-Based Query Driven Simulation Environment*. Proceedings of the Winter Simulation Conference, pp. 786-793.
- Newman, D., Goldman, S.V., Brienne, D., Jackson, I. & Magzamen, S. (1989) *Computer mediation of collaborative science investigations*. Journal of Educational Computing Research, 5 (2), pp. 151-166.
- Newman, D.R., Johnson, C., Webb, B. & Cochrane, C. (1997) *Evaluating learning quality in CSCL*. JASIS, June 1997. www.qub.ac.uk/mgt/papers/jasis/jasis.html.
- Nielsen, J. & Molich, R. (1990) *Heuristic evaluation of user interfaces*. Proceedings of the ACM CHI'90, pp. 249-256.
- Nielsen, J. (1992) *Finding usability problems through heuristic evaluation*. Proceedings of the ACM CHI'92, pp. 372-380.
- Nielsen, J. (1993) *Usability Engineering*. Academic Press.
- Nielsen, J. (1994a) *Enhancing the explanatory power of usability heuristics*. Proceedings of the ACM CHI'94, pp. 152-158.
- Nielsen, J. (1994b) *Heuristic Evaluation*. Nielsen, J. & Mack, R. (Eds.) Usability Inspection Methods. John Wiley and Sons, New York, pp. 25-62.
- Noddings, N. (1989) *Theoretical and practical concerns about small groups in mathematics*. Elementary School Journal, 89, pp. 607-623.
- Norman, D.A. (1993) *Things that Make Us Smart: Defending Human Attributes in the Age of the Machine*. New York: Addison-Wesley.
- O'Neill, D.K. & Gomez, L. (1994) *The Collaboratory Notebook: A Networked Knowledge Building Environment for Project Learning*. ED-MEDIA'94, Vancouver.
- Olson, M. (1989) (Ed.) *Technological Support for Work Group Collaboration*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1989.
- Orfali, R., Harkey, D. & Edwards, J. (1996) *The Essential Client/Server Survival Guide*. John Wiley & Sons, Inc., 2ª edición, 1996.
- Ortega, M. & Bravo, J. (2001) *Groupware, CSCW y CSCL*. Ortega, M. & Bravo, J. (Eds.) Sistemas de Interacción Persona-Computador. pp. 49-67. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, Colección Ciencia y Técnica, 32.
- Page, E.H. & Oppen, J.M. (1999) *Investigating the Application of Web-based simulation Principles within the Architecture for a Next-Generation Computer Generated Forces Model*. Future Generation Computer Systems, Elsevier Science Publishing.
- Page, E.H. (1998) *The Rise of Web-based Simulation: Implications for the High Level Architecture*. Proceedings of the 1998 SCS International Conference on Web-based Modeling and Simulation, pp. 123-128.
- Page, E.H., Buss, A., Fishwick, P.A., Healy, K. & Nance, R.E. (2000) *Web-Based Simulation: Revolution or Evolution*. ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation.

- Palmer, J.D., Fields, N.A. (1994) *Computer-Supported Cooperative Work*. COMPUTER, May, pp. 15-17.
- Paper, S. (1987) *Computers in Education: Conceptual Issues*. Saphiro, S. (Ed.) Encyclopedia of Artificial Intelligence. New York: Willey.
- Patterson, J., Day, M. & Kucan, J. (1996) *Notifications Servers for Synchronous Groupware*. Proceedings of ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, november.
- Patterson, J.F., Hill, R.D., Rohall, S.L. & Meeks, W.S. (1990) *Rendezvous: An architecture for synchronous multi-user applications*. Proceedings of the Third Conference on Computer Supported Cooperative Work (Los Angeles, CA, USA, october), pp. 317-328.
- Paulucci, M., Suthers, D. & Weiner, A. (1996) *Automated Advice-giving Strategies for Scientific Inquiry*. Frasson, C., Gauthier, G. & Lesgold, A. (Eds.) Intelligent Tutoring Systems'96. Proceedings of Third International Conference, Montreal, Canada, June 1996, Springer-Verlag.
- Pea, R.D. & Gomez, L.M. (1992) *Distributed multimedia learning environments: Why and how?* Interactive Learning Environments, 2 (2), pp. 73-109.
- Pfister, H.R., Schuckmann, C., Beck-Wilson, J. & Wessner, M. (1998) *The metaphor of virtual rooms in the cooperative learning environment CLear*. Streitz, N., Konomi, S. & Burkhardt, H.J. (Eds.) Cooperative Buildings. Integrating Information, Organization and Architecture, pp. 107-113. Berlin: Springer.
- Plaisant, C., Rose, A., Rubloff, G., Salter, R. & Shneiderman, B. (1999) *The design of history mechanisms and their use in collaborative educational simulations*. Proceedings of CSCL'99, The third international Conference on Computer Support for Collaborative Learning.
- Puntambekar, S. & Kolodner, J.L. (1998) *The design diary: development of a tool to support students learn science by design*. Proceedings of the Third International Conference on the Learning Sciences. Atlanta, Georgia: AACE.
- Redondo, M. (2002) *Planificación Colaborativa del Diseño en Entornos de Simulación para el Aprendizaje a Distancia*. Tesis Doctoral. Departamento de Informática. Universidad de Castilla – La Mancha.
- Redondo, M.A., Bravo, C., Bravo, J. & Ortega, M. (2000a) *Planificación y Colaboración en entornos de aprendizaje por descubrimiento. Un caso de estudio en Domótica*. Libro de Actas de ONLINE EDUCA MADRID. Conferencia Internacional sobre Educación, Formación y Nuevas Tecnologías, pp. 427-435. Ediciones UNED, Madrid (España).
- Redondo, M.A., Bravo, C., Bravo, J. & Ortega, M. (2000b) *Colaboración en entornos de aprendizaje basados en casos reales. Aplicación en ambientes de diseño y simulación*. Cañas, J. & Gea, M. (Eds.) Libro de Actas de INTERACCIÓN 2000. I Jornadas de Interacción Persona-Ordenador, pp. 143-153. Granada (España).
- Redondo, M.A., Bravo, C., Ortega, M. & Verdejo, M.F. (2002) *PlanEdit: An adaptive tool for design learning by problem solving*. 2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web Based Systems, May 29-31, Málaga (Spain)
- Repenning, A. & Sumner, T. (1995) *AgentSheets: A Medium for Creating Domain-Oriented Visual Languages*. IEEE Computer, 28 (3), pp. 17-25.

- Repenning, A. (1994) *Programming substrates to create interactive learning environments*. Journal of Interactive Learning Environments, Special Issue on End-user Environments, 4 (1), pp. 45-74.
- Repenning, A., Ioannidou, A. & Ambach, J. (1998) *Learn to Communicate and Communicate to Learn*. Journal of Interactive Media in Education, 98 (7).
- Riel, M. (1989) *Four models of educational communications: Connections to the future*. Education and Computing, 5, pp. 261-274.
- Ríos, D., Ríos, S. & Martín, J. (1997) *Simulación. Métodos y Aplicaciones*. Madrid: Ra-Ma.
- Rittel, H. (1984) *Second Generation Design Methods*. Cross, N. (Ed.) Developments in Design Methodology. John Wiley & Sons, New York, 1984, pp. 317-327.
- Rosberg, Z., Gal, E., Moatti, Y. & Zangi, E. (1998) *Remote AWT for Java*. <http://www.alphaworks.ibm.com/formula/remotewawtforjava>.
- Roschelle, J. & Behrend, S. (1995) *The construction of shared knowledge in collaborative problem solving*. O'Malley, C. (Ed.) Computer-supported collaborative learning (pp. 69-97). Berlin: Springer-Verlag.
- Roschelle, J. & Teasley, S. (1997) *The construction of shared knowledge in collaborative problem solving*. O'Malley, C.E. (Ed.) Computer-supported collaborative learning. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Roseman, M. & Greenberg, S. (1996) *Building Real Time Groupware with Groupkit, A Groupware Toolkit*. ACM Transactions on Computer Human Interaction, march, 3 (1), pp. 66-106, ACM Press.
- Rosson, M.B. & Carroll, J.M. (1996) *Scaffolded Examples for Learning Object-Oriented Design*. Communications of ACM, abril 1996, vol. 39, núm. 4.
- Rowland, G., Fixl, A. & Yung, 1992 (1992) *Educating the Reflective Designer*. Educational Technology, 32 (12), pp. 36-44.
- Ruiz, J.M., Bravo J. & Ortega M. (1995) *Domótica*. Revista de Enseñanza y Tecnología. ADIE. Mayo 1995, pp. 46-48.
- Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F. & Lorensen, W. (1991) *Object-Oriented modelling and design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Saab, N. & van Joolingen, W. (2002) *The Influence of Communication on Collaborative Discovery Learning in a Simulation-based Environment*. Submitted to the CSCL 2002 Conference.
- Saadoun, M. (1997) *El proyecto groupware. De las técnicas de dirección a la elección de la aplicación groupware*. Ediciones Gestión 2000 S.A., Barcelona, 1997.
- Sáenz, O. (1994) *Métodos auto-directivos e individualizados*. Sáenz, O. (Ed.) Didáctica General. Un Enfoque Curricular. Alcoy: Marfil.
- Salomon, G. & Globerson, T. (1989) *When teams do not function the way they ought to*. International Journal of Educational Research, 13, pp. 89-98.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1991) *Higher Levels of Agency for Children in Knowledge Building: A Challenge for the Design of New Knowledge Media*. The Journal of the Learning Sciences, vol. 1, no. 1, pp. 37-68.

- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1994) *Computer Support for Knowledge-Building Communities*. The Journal of the Learning Sciences, vol. 3, no. 3, pp. 265-283.
- Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1996) *Student Communities for the advancement of Knowledge*. Communications of the ACM, 39 (4).
- Schmuck, R.A. & Schmuck, P.A. (1988) *Group processes in the classroom*. 5th ed. Dubuque, IA: Wm. C. Brown.
- Schneider, K. & Nakakoji, K. (1995) *Collaborative Learning as Interplay between Simulation Model Builder and Player*. Proceedings of CSCL'95, The first international Conference on Computer Support for Collaborative Learning.
- Schuckmann, C., Kirchner, L., Schümmer, J. & Haake, J.M. (1996) *Designing object-oriented synchronous groupware with COAST*. Proceedings of ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, november.
- Searle, J.R. (1969) *Speech Acts*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shaffer, D.W. (1999) *The design studio as a model for education*. Retrieved September 15, 1999. <http://guzdial.cc.gatech.edu/papers/cd-graphica>.
- Sharan, S. (1980) *Cooperative learning in small groups: Recent methods and effects on achievement, attitudes and ethnic relations*. Review of Educational Research, 50, pp. 241-271.
- Shaw (1997) *Report to the President on the Use of Technology to Strengthen K-12 Education in the United States*. President's Committee of Advisors on Science and Technology. Panel on Educational Technology.
- Shneiderman, B. (1998a) *Designing the user interface. Strategies for Effective Human-Computer Interaction. Computer-Supported Cooperative Work*. Third Edition, Addison-Wesley, 1998, pp. 477-507.
- Shneiderman, B. (1998b) *Designing the user interface. Strategies for Effective Human-Computer Interaction. Direct Manipulation and Virtual Environments*. Third Edition, Addison-Wesley, 1998, pp. 185-233.
- Shneiderman, B., Alavi, M., Norman, K. & Borkowski, E.Y. (1995) *Windows of opportunity in electronic classrooms*. Communications of the ACM, 38, 11 (november 1995), pp. 19-24.
- Slavin, R.E. (1983) *Collaborative Learning*. Logman.
- Slavin, R.E. (1987) *Cooperative learning and student achievement*. Report No. EORI-G-86-006. Washintong, DC: Office of Educational Research.
- Slavin, R.E. (1995) *Cooperative learning: Theory, research and practice*. Needham Heights, MA: Allyn and Bacon.
- Soller, A. & Lesgold, A. (2000) *Knowledge acquisition for adaptive collaborative learning environments*. Proceedings of the AAAI Fall Symposium: Learning How Do Things, Cape Cod, MA.
- Sproull, L. & Kiesler, S. (1991) *Connections: New Ways of Working in the Networked Organization*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Stahl, G. & Herrmann, T. (1999) *Intertwining Perspectives and Negotiation*. Proceedings of Group 99 (Phoenix, Arizona, October 1999), pp. 316-325.

- Stahl, G. (2000) *Collaborative Information Environments to Support Knowledge Construction by Communities*. AI & Society (2000) 14, pp. 1-27.
- Stevens, V. (1998) *Participatory simulations: Building collaborative understanding through immersive dynamic modeling*. Massachusetts Institute of Technology. <http://www.media.mit.edu/~vanessa/part-sims/thesis.html>.
- Streitz, N., Haake, J., Hannemann, J., Lemke, A., Schuler, W., Schütt, W., Thüning, M. (1992) *SEPIA: A cooperative hypermedia authoring environment*. Proceedings of the 4th ACM European Conference on Hypertext (ECHT'92). Milan, Italy, November 30 – December 4, 1992, 11-22.
- Suthers, D., Toth, E. & Weiner, A. (1997) *An Integrated Approach to Implementing Collaborative Inquiry in the Classroom*. Computer Supported Collaborative Learning (CSCL'97), december 10-14, Toronto.
- Suthers, D.D. & Jones, D. (1997) *An Architecture for Intelligent Collaborative Educational Systems*. Du Boulay, B. & Mizoguchi, R. (Eds.) 8th World Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED'97), pp. 55-62.
- Tang, J. (1988) *A framework for understanding the workspace activity of design teams*. Proceedings of ACM CSCW'88, pp. 244-249.
- Tang, J. (1991) *Findings from Observational Studies of Collaborative Work*. International Journal Man-Machine Studies, 34 (2), pp. 143-160.
- Tang, J.C. (1989) *Listing, drawing and gesturing in design: A study of the use of shared workspaces by design teams*. PhD Tesis, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, California, April.
- Taylor, F.W. (1911) *The principles of scientific management*. New York: Harper.
- Tessmer, M. (1993) *Planning and Conducting Formative Evaluations*. Kogan Page. London.
- Törn, A.A. (1981) *Simulation Graphs: a General Tool for Modelling Simulation Design*. Simulation. Vol. 37, n° 6, pp. 187-194.
- Trehan, R., Sawashima, N., Morishita, A., Tomoda, I., Inoue, A. & Maeda, K. (1992) *Concurrent Object Oriented C (COOC)*. 7th Programming Language, Fundamentals and Practise Workshop. Information Processing Society of Japan.
- Trevor, J., Rodden, T. & Mariani, J. (1994) *The use of adapters to support cooperative sharing*. Proceedings of the ACM 1994 Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'94) (Chapel Hill, N.C., USA, october 22-26), pp. 219-230.
- Turkle, S. (1995) *Life on screen, identity in the age of Internet*. New York: Simon & Schuster.
- Van Joolingen, W.R. & de Jong, T. (1997) *An extended dual search space model of learning with computer simulations*. Instructional Science, 25, pp. 307-346.
- Van Joolingen, W.R. (2000) *Designing for collaborative discovery learning*. Gauthier, G., Frasson, C. & van Lehu, K. (Eds.) Intelligent Tutoring Systems, pp. 202-211. Berlin: Springer.
- Vanhelsuwé, L., Phillips, I., Hsu, G., Sankar, K., Ries, E., Rohaly, T. & Zukowski, J. (1997). *La biblia de Java*. Madrid: Anaya Multimedia.

- Vasque, J. & Grantham, C. (1990) *Socializing the Human-Computer Environment*. Ablex, Norwood, NJ.
- Verdejo, M.F. (1997) *Aprendizaje colaborativo: un nuevo marco para la educación a distancia*. Revista de Enseñanza y Tecnología, Asociación para el Desarrollo de la Informática Educativa, nº 8.
- Vizcaino, A. (2001) *Enhancing Collaborative Learning Using a Simulated Student Agent*. Tesis Doctoral, Departamento de Informática, Universidad de Castilla – La Mancha.
- Vygotsky, L.S. (1978) *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wan, D. & Johnson, P. (1994) *Experiences with CLARE: a computer-supported collaborative learning environment*. Int. J. Human-Computer Studies, vol. 41, pp. 851-859.
- Wan, D. (1994) *CLARE: A computer-supported Collaborative Learning Environment based on the thematic structure of scientific text*. Ph D. Thesis, University of Hawaii, Dep. of Information and Computer Sciences.
- Webb, N.M. (1982) *Student interaction and learning in small groups*. Review of Educational Research, 32, pp. 421-445.
- Webb, N.M. (1984) *Microcomputer learning in small groups: Cognitive requirements and group processes*. Journal of Educational Psychology, 76, pp. 1076-1088.
- Webb, N.M. (1985) *Verbal interaction and learning in peer-directed groups*. Theory into Practice, 24, pp. 32-39.
- Wessner, M., Hans-Rüdiger, P. & Miao, Y. (1999) *Using Learning Protocols to Structure Computer-Supported Cooperative Learning*. Proceedings of the ED-MEDIA'99. World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications, pp. 471-476, Seattle, Washington, June 19-24, 1999.
- Whitaker, R. (1996) *Computer Supported Cooperative Work (CSCW) and Groupware*. <http://www.informatik.umu.se/~rwhit/CSCW.html>.
- Winograd, T. & Flores, F. (1986) *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*. Norwood, New Jersey: Ablex.
- Winograd, T. (1988) *A Language/Action Perspective on the Design of Cooperative Work*. Greif, E. (Ed.) *CSCW: A Book of Readings*. Morgan-Kaufmann.
- Yourdon, E. & Constantine, T. (1979) *Structured Design*. Prentice-Hall: Englewood Cliffs, New Jersey.

1. Figuras

Figura II.1. Las dos dimensiones del groupware según Ellis et al (1991).....	30
Figura II.2. Componentes del Aprendizaje Basado en Problemas.	44
Figura II.3. Ciclo de simulación.	50
Figura II.4. Simulación con incremento de tiempo uniforme.	52
Figura II.5. Modelo conceptual de los entornos de aprendizaje.....	54
Figura III.1. Estructuración del dominio de la Domótica.....	76
Figura III.2. Modelo Estructural de la Domótica.	86
Figura IV.1. Arquitectura funcional: niveles, subsistemas y flujos de información.	90
Figura IV.2. Herramientas disponibles y participantes implicados en los diferentes niveles de la arquitectura.	92
Figura IV.3. Pantalla inicial de DomoSim-TPC.....	94
Figura IV.4. Arquitectura física del sistema.....	95
Figura IV.5. Protocolo general de colaboración para el diseño y simulación.....	97
Figura IV.6. Modelo Estructural de problemas y planos.....	105
Figura IV.7. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: datos de identificación. .	106
Figura IV.8. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: datos del entorno.....	106
Figura IV.9. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: datos de la vivienda.....	107
Figura IV.10. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: restricciones y necesidades.....	107
Figura IV.11. Mantenimiento de Problemas en DomoSim-TPC: datos de simulación....	108
Figura IV.12. Gestión de Planos en DomoSim-TPC.....	108
Figura IV.13. Modelo Estructural de un plano y sus componentes en DomoSim-TPC....	109
Figura IV.14. Modelo Estructural de alumnos, profesores y grupos.....	110
Figura IV.15. Gestión de Profesorado y Gestión de Alumnos en DomoSim-TPC.	110
Figura IV.16. Definición de Grupos en DomoSim-TPC.	111
Figura IV.17. Modelo Estructural de actividades y sesiones.	112
Figura IV.18. Gestión de Actividades en DomoSim-TPC.	112
Figura IV.19. Tabla de Incremento de Temperaturas en DomoSim-TPC.....	113

Figura IV.20. Modelo Estructural de la Herramienta de Correo Electrónico.	116
Figura IV.21. Herramienta de Correo Electrónico de DomoSim-TPC.	117
Figura IV.22. Herramienta de Chat de DomoSim-TPC.	118
Figura IV.23. Modelo Estructural de la Agenda de Sesiones.	118
Figura IV.24. Agenda de Sesiones de DomoSim-TPC.	119
Figura IV.25. Proceso de definición, decisión y resultados que define una toma de decisión.	120
Figura IV.26. Proceso de toma de decisión en DomoSim-TPC.	121
Figura IV.27. Proceso de toma de decisión para preguntas de tipo <i>sí / no</i>	121
Figura IV.28. Proceso de toma de decisión para preguntas de tipo <i>valor numérico real</i>	122
Figura IV.29. Proceso de toma de decisión para preguntas de tipo <i>lista de valores</i>	122
Figura IV.30. Chat Dirigido de DomoSim-TPC.	125
Figura IV.31. Chat Dirigido de DomoSim-TPC con acciones reactivas activadas.	125
Figura IV.32. Chat Dirigido de DomoSim-TPC utilizado en la simulación.	126
Figura IV.33. Fases del proceso general de resolución de problemas de diseño.	129
Figura IV.34. Subespacio de Diseño con un modelo inicial procedente de la fase de Planificación.	130
Figura IV.35. Protocolo de colaboración ampliado para la resolución de problemas de diseño.	131
Figura IV.36. Mecanismos para la navegación entre subespacios de trabajo.	132
Figura IV.37. Enunciado del problema en DomoSim-TPC.	134
Figura IV.38. Componentes del subespacio de Diseño de DomoSim-TPC.	135
Figura IV.39. Ventana para modificar las propiedades de un operador en DomoSim-TPC.	139
Figura IV.40. Objetos del modelo en el subespacio de Diseño de DomoSim-TPC.	139
Figura IV.41. Diseño individual de dos usuarios y posterior integración para colaborar.	141
Figura IV.42. Elementos de <i>awareness</i> en DomoSim-TPC.	144
Figura IV.43. Modelo Estructural del Diseño.	145
Figura IV.44. Protocolo de Reparto de Tareas.	146
Figura IV.45. Subespacio de Reparto de Tareas de DomoSim-TPC.	147
Figura IV.46. Grafo conversacional para la propuesta de criterios de reparto.	148
Figura IV.47. Grafo conversacional para la propuesta de asignaciones de tareas.	149
Figura IV.48. Modelo Estructural del Reparto de Tareas.	150
Figura IV.49. Protocolo de Parametrización.	151
Figura IV.50. Subespacio de Parametrización en DomoSim-TPC.	151
Figura IV.51. Grafo conversacional para la propuesta de valor de un parámetro (modelo basado en propuestas).	152

Figura IV.52. Grafo conversacional para la propuesta de valor de un parámetro (modelo democrático).	153
Figura IV.53. Subespacio de Parametrización con modelo de diálogo democrático.	153
Figura IV.54. Modelo Estructural de la Parametrización.	153
Figura IV.55. Protocolo general de simulación.	155
Figura IV.56. Protocolo de Casos e Hipótesis de simulación.	157
Figura IV.57. Grafo conversacional para la propuesta de casos de simulación.	158
Figura IV.58. Grafo conversacional para la propuesta y confirmación de hipótesis.	158
Figura IV.59. Subespacio de Casos e Hipótesis de DomoSim-TPC.	159
Figura IV.60. Subespacio de Simulación de DomoSim-TPC.	161
Figura IV.61. Panel de Finalización de la Simulación.	161
Figura IV.62. Modelo Estructural de la Simulación.	163
Figura IV.63. Ventana de sugerencias en DomoSim-TPC.	165
Figura IV.64. Esquema general del procedimiento de análisis.	169
Figura IV.65. Consulta de Trazas de DomoSim-TPC: Trazas de Diseño.	170
Figura IV.66. Consulta de Trazas de DomoSim-TPC: Trazas de Simulación.	171
Figura IV.67. Algunos ejemplos de variables de análisis cuantitativo del proceso en representación tabular.	173
Figura IV.68. Algunos ejemplos de variables de análisis cuantitativo del proceso en representación gráfica.	176
Figura IV.69. Asignación de valor a las variables subjetivas en el análisis cualitativo en DomoSim-TPC.	180
Figura IV.70. Caracterización de un atributo mediante cuatro valores.	182
Figura IV.71. Atributos de inferencia en DomoSim-TPC.	182
Figura IV.72. Mantenimiento de reglas de inferencia en DomoSim-TPC.	183
Figura IV.73. Relación entre las variables para el análisis del proceso del grupo.	184
Figura IV.74. Relación entre las variables para el análisis del proceso individual.	185
Figura IV.75. Análisis cualitativo del proceso del grupo en DomoSim-TPC: variables calculadas, subjetivas e inferidas.	186
Figura IV.76. Relación entre las variables para el análisis de la solución.	189
Figura IV.77. Variables de análisis (proceso y solución) para el análisis global.	191
Figura IV.78. Niveles de trabajo y el modelo conceptual de los entornos de aprendizaje con simulación.	201
Figura IV.79. Espacios de trabajo, niveles, usuarios y herramientas de la arquitectura y modelo propuestos.	203
Figura IV.80. Modelo Estructural de la información manejada por el Subsistema Gestor de Actividades.	204
Figura IV.81. Herramientas del Subsistema Gestor de Actividades.	205

Figura IV.82. Conjunto de herramientas del Subsistema de Comunicación y Coordinación.	205
Figura IV.83. Tipos de análisis y variables de entrada y salida.	208
Figura V.1. Arquitectura física detallada del sistema.	213
Figura V.2. Estructura de funcionamiento del Servidor Multiproceso para la gestión de las comunicaciones.	216
Figura VI.1. Evolución de DomoSim-TPC.	225
Figura VI.2. Chat Dirigido del primer prototipo.	226
Figura VI.3. Subespacio de Simulación en el segundo prototipo.	227
Figura VI.4. Sección de simulación en los datos del problema del tercer prototipo.	228
Figura VI.5. Áreas de Casos e Hipótesis en el sistema final.	229
Figura VI.6. Disminución de la necesidad de reuniones en la experiencia CHI.	235
Figura VI.7. Diseño colaborativo síncrono realista en la experiencia CHI.	236
Figura VI.8. División en Reparto-Diseño-Parametrización-Simulación acertada en la experiencia CHI.	236
Figura VI.9. Disminución de la necesidad de reuniones en la experiencia IU.	237
Figura VI.10. Diseño colaborativo síncrono realista en la experiencia IU.	238
Figura VI.11. División en Reparto-Diseño-Parametrización-Simulación acertada en la experiencia IU.	238
Figura VI.12. Valoración de la aplicación de Líneas Guía en la experiencia IU.	239
Figura VI.13. Valoración de la Usabilidad en la experiencia IU.	240
Figura VI.14. Tiempo empleado en la resolución de los problemas <i>p1</i> a <i>p4</i> en la experiencia FP.	243
Figura VI.15. Relación entre objetos insertados y eliminados en la experiencia FP.	243
Figura VI.16. Número medio de mensajes por actividad en la experiencia FP.	244
Figura VI.17. Algunas cuestiones de evaluación del Diseño y Simulación en la experiencia FP.	245

2. Tablas

Tabla II.1. Taxonomía espacio-temporal de los Sistemas Cooperativos.....	29
Tabla II.2. Ventajas y desventajas de las diferentes aproximaciones de implementación de un sistema de <i>groupware</i>	34
Tabla II.3. Uso del CAD según lugar y tiempo.	37
Tabla III.1. Características de los sistemas de control aplicados a viviendas y edificios. ..	66
Tabla III.2. Áreas de gestión del modelo de Domótica.	77
Tabla III.3. Operadores del Sistema de Gestión del Confort Térmico.	78
Tabla III.4. Operadores del Sistema de Gestión del Confort Luminoso.	79
Tabla III.5. Operadores del Sistema de Control Energético.	80
Tabla III.6. Operadores del Sistema de Control de Seguridad frente a Accidentes.	81
Tabla III.7. Operadores del Sistema de Control de Seguridad frente a Intrusión.	82
Tabla III.8. Enlaces para los diferentes tipos de sistemas y cableado.	83
Tabla IV.1. Herramientas disponibles en los diferentes espacios de trabajo.	93
Tabla IV.2. Clasificación de las herramientas de comunicación y coordinación de acuerdo a su función.	114
Tabla IV.3. Clasificación de las herramientas de acuerdo a su ámbito.	114
Tabla IV.4. Clasificación de las herramientas de acuerdo al tiempo en el que se produce la interacción.	115
Tabla IV.5. Tipos de decisiones e información procesada por la Herramienta de Voto. ...	120
Tabla IV.6. Tipos de mensajes del Chat Dirigido.	123
Tabla IV.7. Nuevos tipos de mensajes utilizados en la simulación.	124
Tabla IV.8. Objetos de un sistema de diseño colaborativo.	136
Tabla IV.9. Acciones de un sistema de diseño colaborativo.	137
Tabla IV.10. Objetos y acciones con los que opera la Herramienta de Diseño de DomoSim-TPC.	138
Tabla IV.11. Elementos del <i>awareness</i> en espacios de trabajo.	143
Tabla IV.12. Estado del usuario durante el diseño.	144
Tabla IV.13. Interacciones de los usuarios durante el diseño.	144
Tabla IV.14. Modo de asignación de valor a un parámetro.	151
Tabla IV.15. Elementos de una Herramienta de Simulación Colaborativa aplicados a DomoSim-TPC.	156
Tabla IV.16. Número de mensajes de ayuda en función del subespacio de trabajo y el nivel de ayuda.	164
Tabla IV.17. Detalle de variables en la visualización tabular del análisis cuantitativo. ...	175

Tabla IV.18. Variables calculadas del análisis cualitativo del proceso.	178
Tabla IV.19. Valores para las variables subjetivas en el análisis del proceso.	180
Tabla IV.20. DomoSim-TPC y diferentes sistemas de CSCW.....	196
Tabla IV.21. DomoSim-TPC y diferentes sistemas de CSCL.	197
Tabla IV.22. DomoSim-TPC y diferentes sistemas de SCC.....	198
Tabla IV.23. Mecanismos de soporte a la colaboración y de estructuración en los diferentes subespacios.....	206
Tabla VI.1. Soporte del <i>groupware</i> y de DomoSim-TPC en relación con algunas heurísticas de evaluación.....	232
Tabla VI.2. Experiencias efectuadas con DomoSim-TPC.	233
Tabla VI.3. Actividades propuestas en la experiencia FP.....	241
Tabla VI.4. Problemas propuestos en la experiencia FP.....	241
Tabla 1. Tramas de datos de las tareas de Comunicación y Coordinación.	295
Tabla 2. Tramas de datos de la tarea de Toma de Decisión.	296
Tabla 3. Tramas de datos de la tarea de Reparto de Tareas.	297
Tabla 4. Tramas de datos de la tarea de Parametrización.	298
Tabla 5. Tramas de datos de la tarea de Diseño.	301
Tabla 6. Tramas de datos de la tarea de Simulación.	305
Tabla 7. Símbolos significativos de las tramas de datos.	307

3. Acrónimos

ACM: *Association for Computing Machinery* (Asociación para la Maquinaria Informática).

ADSL: *Asymetrical Digital Subscriber Line*.

APA: *American Psychologist Association* (Asociación de Psicólogos Americana).

API: *Application Program Interface* (Interfaz para Programación de Aplicaciones).

CAD: *Computer Aided Design* (Diseño Asistido por Ordenador).

CAM: *Computer-Aided Manufacturing* (Fabricación Asistida por Ordenador).

CBR: *Case-Based Reasoning* (Razonamiento Basado en Casos).

CGI: *Common Gateway Interfaz*.

CMC: *Computer-Mediated Communication* (Comunicación Mediada por Ordenador).

CORBA: *Common Object Request Broker Architecture*.

CSCL: *Computer-Supported Collaborative Learning* (Soporte Informático para Aprendizaje Colaborativo).

CSCW: *Computer-Supported Cooperative Work* (Soporte Informático para Trabajo Cooperativo).

DEVS: *Discrete Event System Specification* (Especificación de Sistemas de Eventos Discretos).

EGD: Ejercicios de Grupos a Distancia.

EIA: *Electronic Industry Association* (Asociación de la Industria Electrónica).

EIAJ: *Electronic Industries Association of Japan* (Asociación de Industrias Electrónicas de Japón).

EIB: *European International Bus* (Bus Europeo Internacional).

EIBA: *European International Bus Association* (Asociación del Bus Europeo Internacional).

ESPRIT: *European Scientific Programme for Research & Development in Information Technology* (Programa Científico Europeo para la Investigación y el Desarrollo en Tecnologías de la Información).

FTP: *File Transfer Protocol* (Protocolo de Transferencia de Ficheros).

GCSS: *Group Communication-Support Systems* (Sistemas de Soporte a la Comunicación en Grupo).

GDSS: *Group Decision-Support Systems* (Sistemas de Soporte a la Decisión en Grupo).

GUI: *Graphics User Interfaces* (Interfaces Gráficos de Usuario).

HBS: *Home Bus System* (Sistema de Bus para el Hogar).

HCI: *Human Computer Interaction* (Interacción Persona-Ordenador).

HTML: *HyperText Markup Language* (Lenguaje de Marcas de Hipertexto).

HTTP: *HyperText Transfer Protocol* (Protocolo de Transferencia de Hipertexto).

IEEE: *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).

JDBC: *Java Database Connectivity* (Conectividad de Bases de Datos de Java).

JDK: *Java Development Kit* (Kit de Desarrollo de Java).

LAN: *Local Area Network* (Red de Área Local).

LBD: *Learning by Design* (Aprendizaje Mediante Diseño).

NAHB: *National Association of Home Builders* (Asociación Nacional de Constructores).

OMT: *Object Modeling Technique* (Técnica de Modelado de Objetos).

PBL: *Problem-Based Learning* (Aprendizaje Basado en Problemas).

PC: *Personal Computer* (Ordenador Personal).

PDA: *Personal Desktop Assistant* (Asistente de Escritorio Personal).

RMI: *Remote Method Invocation* (Invocación de Métodos Remota).

SCC: Simulación Colaborativa por Computador.

SGBD: Sistema de Gestión de Bases de Datos

SID: Simulación Interactiva Distribuida.

SMS: *Short Message System* (Sistema de Mensajes Cortos).

SQL: *Structured Query Language* (Lenguaje de Consulta Estructurado).

TCP/IP: *Transmission Control Protocol / Internet Protocol* (Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo de Internet).

UCP: Unidad Central de Proceso.

UML: *Unified Modeling Language* (Lenguaje de Modelado Unificado).

URL: *Uniform Resource Locator* (Localizador Uniforme de Recursos).

WWW: *World Wide Web*.

WYSIWIS: *What you see is what I see* (Lo que tú ves es lo que yo veo).

XML: *Extensible Markup Language* (Lenguaje de Marcas Extensible).

4. Glosario de Términos

Aprendizaje Basado en Problemas (*Problem Based Learning*, PBL): Método de instrucción centrado en el aprendiz utilizado en el aprendizaje colaborativo, en el que un pequeño grupo de estudiantes aprenden en un proceso de trabajo a través de una colección de casos de enseñanza (problemas a resolver) acompañados por un tutor (pág. 43).

Aprendizaje Basado en Proyectos (*Project Based Learning*): Método para crear situaciones de aprendizaje colaborativo que propone el trabajo conjunto de los estudiantes en proyectos relativos a actividades de la vida real (adquisición de conocimiento, producción artística, producción técnica, etc.).

Aprendizaje Colaborativo: Conjunto de estrategias de enseñanza que dependen de la interacción de un pequeño grupo de aprendices como característica central de las tareas de aprendizaje en la clase (pág. 40).

Aprendizaje Mediante Diseño (*Learning by Design*, LBD): Método de enseñanza en el que los estudiantes aprenden como resultado de desarrollar actividades colaborativas de diseño y reflexionar sobre sus experiencias (pág. 45).

Aprendizaje Practicando (*Learning by Doing*): Teoría cuyo objetivo es fomentar el desarrollo de habilidades y la adquisición de conocimientos, en el contexto en el que serán utilizados, mediante un aprendizaje activo a partir de la experiencia.

CSCL (*Computer-Supported Collaborative Work*): Paradigma que se centra en el uso de la tecnología como herramienta que media con los métodos colaborativos de instrucción. Utiliza el Aprendizaje Colaborativo como modelo de enseñanza (pág. 40).

CSCW (*Computer-Supported Cooperative Work*): Disciplina que estudia la forma de trabajar de las personas en grupo e investiga cómo la tecnología informática puede ayudarles en el desarrollo de su trabajo (pág. 24).

DomoSim-TPC (**Simulador Domótico Telemático Planificado Colaborativo**): Es el sistema desarrollado en esta investigación. Se trata de un entorno informático colaborativo completo para el aprendizaje basado en simulación del diseño domótico (pág. 87).

Simulación Colaborativa por Computador (SCC): Es el nuevo tipo de simulación propuesto en esta investigación en la que el modelado y la experimentación se realizan en colaboración en tiempo real, aplicándose los principios y beneficios del CSCL a situaciones de aprendizaje que hacen uso de la simulación (pág. 56).

5. Cuestionarios de evaluación

5.1. Cuestionario de evaluación para la experiencia CHI

ENCUESTA DE EVALUACIÓN
Marcar con un círculo la respuesta seleccionada. 5: sí, mucho; 4: sí; 3: normal; 2: no; 1: no, nada.
COORDINACIÓN
¿Crees que este tipo de entornos colaborativos de aprendizaje, con herramientas síncronas (chat, herramienta de toma de decisiones, etc.) y asíncronas (correo electrónico, tablón de últimas noticias, etc.) de coordinación disminuyen la necesidad de reuniones? 1 2 3 4 5.
¿Por qué? _____
¿Qué hechas de menos para su utilización en educación a distancia? _____
¿Qué opinión general tienes? _____
DISEÑO SÍNCRONO
¿Crees que este tipo de diseño colaborativo síncrono es realista y puede aportar resultados satisfactorios? 1 2 3 4 5.
Esta aproximación de Diseño Colaborativo Síncrono la hemos aplicado a la Domótica y puede aplicarse a otros dominios como al Diseño de B.D., al Diseño de Circuitos, etc. ¿En que otros dominios piensas que puede tener aplicación? _____
¿Crees que la división en las fases de Reparto de Tareas – Diseño – Parametrización – Simulación es acertada? 1 2 3 4 5.
¿Qué otra fase incluirías o cuál quitarías? _____
¿Qué opinión general tienes? _____
SUGERENCIAS

5.2. Cuestionarios de evaluación para la experiencia IU

ENCUESTA DE EVALUACIÓN (I)
<p>Marcar con un círculo la respuesta seleccionada. 5: sí, mucho; 4: sí; 3: normal; 2: no; 1: no, nada.</p>
<p>COORDINACIÓN</p> <p>¿Crees que este tipo de entornos colaborativos de aprendizaje, con herramientas síncronas (chat, herramienta de toma de decisiones, etc.) y asíncronas (correo electrónico, tablón de últimas noticias, etc.) de coordinación disminuyen la necesidad de reuniones? 1 2 3 4 5.</p> <p>¿Por qué? _____</p> <p>¿Qué hechas de menos para su utilización en educación a distancia? _____</p> <p>¿Qué opinión general tienes? _____</p>
<p>DISEÑO SÍNCRONO</p> <p>¿Crees que este tipo de diseño colaborativo síncrono es realista y puede aportar resultados satisfactorios? 1 2 3 4 5.</p> <p>Esta aproximación de Diseño Colaborativo Síncrono la hemos aplicado a la Domótica y puede aplicarse a otros dominios como al Diseño de B.D., al Diseño de Circuitos, etc. ¿En que otros dominios piensas que puede tener aplicación? _____</p> <p>¿Crees que la división en las fases de Reparto de Tareas – Diseño – Parametrización – Simulación es acertada? 1 2 3 4 5.</p> <p>¿Qué otra fase incluirías o cuál quitarías? _____</p> <p>¿Qué opinión general tienes? _____</p>
<p>SUGERENCIAS</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

ENCUESTA DE EVALUACIÓN (II)

LÍNEAS GUÍA

Valora de 1 (peor) a 5 (mejor) los siguientes aspectos en cuanto a aplicación de Líneas Guía.

- ☐ Adaptación al modelo conceptual del usuario
- ☐ Consistencia de colores
- ☐ Control del usuario
- ☐ Utilización del lenguaje/idioma del usuario
- ☐ Realimentación (efecto acción-resultado)
- ☐ Simplicidad
- ☐ Facilidad de aprendizaje
- ☐ Utilización del color

Otros aspectos de Líneas Guía

USABILIDAD

Valora de 1 (peor) a 5 (mejor) los siguientes aspectos de Usabilidad.

Grado de Usabilidad:

- ☐ Funcionalidad
- ☐ Comprensión del sistema
- ☐ Tiempos razonables
- ☐ Daños al usuario
- ☐ Estética
- ☐ Utilización del lenguaje del usuario
- ☐ Diálogos simples/naturales

Otros aspectos de Usabilidad

Comentarios/Críticas/Sugerencias generales

5.3. Cuestionario de evaluación para la experiencia FP

ENCUESTA DE EVALUACIÓN					
<p>Marcar con un círculo la respuesta seleccionada. 5: sí, mucho; 4: sí; 3: normal; 2: no; 1: no, nada.</p>					
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
<p>¿Crees que este tipo de entornos colaborativos de aprendizaje, con herramientas síncronas (chat, herramienta de toma de decisiones, etc.) y asíncronas (correo electrónico, tablón de noticias, etc.) de coordinación disminuyen la necesidad de reuniones? 1 2 3 4 5.</p>					
<p>¿Por qué? _____</p>					
<p>Esta aproximación la hemos aplicado a la Domótica, ¿crees qué puede aplicarse a otros dominios? Por ejemplo:</p>					
Diseño software o programación:	1	2	3	4	5
Diseño de Circuitos eléctricos y electrónicos:	1	2	3	4	5
Diseño arquitectónico:	1	2	3	4	5
Diseño en general:	1	2	3	4	5
Otros _____	1	2	3	4	5
Otros _____	1	2	3	4	5
<p>¿Crees que el sistema es demasiado estricto o por el contrario es apropiado para su utilización en etapas iniciales de aprendizaje en Formación Profesional? _____</p>					
<p>¿Qué hechas de menos para su utilización en educación a distancia? _____</p>					
<p>¿Te han servido las actividades realizadas para aprender algo sobre Domótica? 1 2 3 4 5</p>					
<p>¿Qué opinión general tienes? _____</p>					
DÍSEÑO Y SIMULACIÓN					
<p>¿Crees que este tipo de diseño síncrono es realista y puede aportar resultados satisfactorios? 1 2 3 4 5.</p>					
<p>¿Descubriste nuevos errores durante el diseño y la simulación que en la planificación te habían pasado desapercibidos? _____</p>					
<p>¿Crees que la división en las fases de Reparto de Tareas – Diseño – Parametrización – Simulación es acertada? 1 2 3 4 5.</p>					
<p>¿Qué otra fase incluirías o cuál quitarías? _____</p>					
<p>¿Consideras positivo el trabajo en grupo (2 personas) frente al trabajo individual durante el diseño y simulación, por ejemplo, por la ayuda que ofrece el compañero, por la motivación al no estar solo, etc.? 1 2 3 4 5.</p>					
<p>Con las herramientas que dan información sobre lo que hacen los otros compañeros y de quiénes son (puntero remoto, panel de sesión, lista de interacciones, etc.), ¿te ha parecido complejo el uso de la aplicación en el reparto, diseño, parametrización y simulación? ¿te encontrabas perdido? 1 2 3 4 5.</p>					
<p>¿Piensas que la simulación es un buen mecanismo para refinar el diseño efectuado, en sucesivas etapas, y crees que has ido descubriendo en este proceso (diseño-simulación) aspectos que te han dirigido al aprendizaje de la domótica? 1 2 3 4 5.</p>					
<p>¿Qué opinión general tienes sobre el proceso de diseño y simulación? _____</p>					
SUGERENCIAS					

6. Tramas de Datos

6.1. Comunicación y coordinación

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Comunicación de tipo <i>Pienso que</i>	Envía un mensaje “Pienso que ...” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><Pienso><texto>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra mensaje “Pienso que ...” de algún usuario	←	<MsjCD><us><Pienso><texto>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación de tipo <i>Pienso lo mismo</i>	Envía un mensaje “Pienso lo mismo” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><PiensM>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra mensaje “Pienso lo mismo” de algún usuario	←	<MsjCD><us><PiensM>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación de tipo <i>No pienso así</i>	Envía un mensaje “No pienso así” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><NPiens>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra mensaje “No pienso así” de algún usuario	←	<MsjCD><us><NPiens>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación de tipo <i>¿Por qué?</i>	Envía un mensaje “¿Por qué ...?” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><PQP><texto>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra mensaje “¿Por qué ...?” de algún usuario	←	<MsjCD><us><PQP><texto>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación de tipo <i>No sé</i>	Envía un mensaje “No sé” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><NoSe>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra mensaje “No sé” de algún usuario	←	<MsjCD><us><NoSe>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación de tipo <i>Porque</i>	Envía un mensaje “Porque ...” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><PQR><texto>	Recibe el mensaje
	Muestra mensaje “Porque ...” de algún usuario	←	<MsjCD><us><PQR><texto>	Difunde el mensaje al grupo
Comunicación de tipo <i>Vamos bien</i>	Envía un mensaje “Vamos bien” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><VBien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra mensaje “Vamos bien” de algún usuario	←	<MsjCD><us><VBien>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación de tipo <i>Veo un fallo</i>	Envía un mensaje “Veo un fallo en ...” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><VFallo><texto>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra mensaje “Veo un fallo en ...” de algún usuario	←	<MsjCD><us><Vfallo><texto>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación de tipo <i>He terminado</i>	Envía un mensaje “He terminado” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><HeTerm>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra mensaje “He terminado” de algún usuario	←	<MsjCD><us><HeTerm>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación de tipo <i>Mirad</i>	Envía un mensaje “Mirad ...” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><Mirad><texto>	Recibe el mensaje de un usuario

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
	Muestra mensaje “Mirad ...” de algún usuario	←	<MsjCD><us><Mirad><texto>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación de tipo <i>Voy a</i>	Envía un mensaje “Voy a ...” con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><VoyA><texto>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra mensaje “Voy a ...” de algún usuario	←	<MsjCD><us><VoyA><texto>	Difunde el mensaje al grupo del usuario
Comunicación no dirigida (frase abierta)	Envía el mensaje tecleado con el Chat Dirigido	→	<MsjCD><act><us><Otro><texto>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra el mensaje tecleado de algún usuario	←	<MsjCD><us><Otro><texto>	Difunde el mensaje al grupo del usuario

Tabla 1. Tramas de datos de las tareas de Comunicación y Coordinación.

6.2. Toma de decisiones

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Definición de votación	Propuesta de votación tipo <i>Sí/No</i>	→	<VotSiNo><act><us><texto>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra ventana de votación tipo <i>Sí/No</i> para votar	←	<VotSiNo><act><us><texto>	Difunde el mensaje al grupo para votar y se crea un Servidor de Votación
	Propuesta de votación tipo <i>Valor numérico</i>	→	<VotNum><act><us><texto>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra ventana de votación tipo <i>Valor numérico</i> para votar	←	<VotNum><act><us><texto>	Difunde el mensaje al grupo para votar y se crea un Servidor de Votación
	Propuesta de votación tipo <i>Lista de valores</i>	→	<VotVal><act><us><numVal><valores><" "><texto>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra ventana de votación tipo <i>Lista de valores</i> para votar	←	<VotVal><act><us><numVal><valores><" "><texto>	Difunde el mensaje al grupo para votar y se crea un Servidor de Votación
Realización de voto	El usuario realiza un voto de tipo <i>Sí</i>	→	<VotoSi><act>	Recibe el mensaje de un usuario, localiza el Servidor de Votación y se cuenta el voto
	El usuario realiza un voto de tipo <i>No</i>	→	<VotoNo><act>	Recibe el mensaje de un usuario, localiza el Servidor de Votación y se cuenta el voto
	El usuario realiza un voto de tipo <i>Valor numérico</i>	→	<VotoNum><act><valor>	Recibe el mensaje de un usuario, localiza el Servidor de Votación y se cuenta el voto
	El usuario realiza un voto de tipo <i>Valor de una lista</i>	→	<VotoVal><act><valor>	Recibe el mensaje de un usuario, localiza el Servidor de Votación y se cuenta el voto
	El usuario realiza un voto de tipo <i>Abstención</i>	→	<VotoAbs><act><valor>	Recibe el mensaje de un usuario, localiza el Servidor de Votación y se cuenta el voto

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Resultados de la votación	Muestra ventana con los resultados según el tipo de votación (sí/no, numérica o lista de valores)	←	<ResVot><VotSiNo><numSi><numNo><votos>	Cuando se supera el tiempo fijado o todos los usuarios han votado se distribuyen los resultados de la votación
		←	<ResVot><VotNum><votos>{<frecNum><valor><" ">}	
		←	<ResVot><VotVal><votos>{<frecVal><valor><" ">}	
Propuesta de acceso a subespacio	Propuesta de acceso a Reparto de Tareas	→	<VotRep><act><us>	Recibe la propuesta de acceso
	Muestra ventana de votación tipo Si/No (realización de voto)	←	<VotRep><act><us>	Difunde el mensaje al grupo y se crea un Servidor de Votación
	Propuesta de acceso a Parametrización	→	<VotPar><act><us>	Recibe la propuesta de acceso
	Muestra ventana de votación tipo Si/No (realización de voto)	←	<VotPar><act><us>	Difunde el mensaje al grupo y se crea un Servidor de Votación
	Propuesta de acceso a Simulación	→	<VotSim><act><us>	Recibe la propuesta de acceso
	Muestra ventana de votación tipo Si/No (realización de voto)	←	<VotSim><act><us>	Difunde el mensaje al grupo y se crea un Servidor de Votación
Resultados de votación de acceso a subespacio	Acceso a subespacio de Reparto de Tareas	←	<ResVot><VotRep>	Votación positiva de acceso a Reparto de Tareas
	Acceso a subespacio de Parametrización	←	<ResVot><VotPar>	Votación positiva de acceso a Parametrización
	Acceso a subespacio de Simulación	←	<ResVot><VotSim>	Votación positiva de acceso a Simulación
	No se accede al subespacio	←	<ResVot><VotNo>	Se envía resultado de votación negativa de acceso al subespacio

Tabla 2. Tramas de datos de la tarea de Toma de Decisión.

6.3. Reparto de tareas

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Criterio de Reparto	Propuesta de criterio (el usuario que propone cuenta los votos)	→	<PropCrit><act><us><criterio>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra propuesta de criterio de algún usuario	←	<PropCrit><us><criterio>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta acuerdo con propuesta	→	<OkCrit><act><us><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra acuerdo de algún usuario	←	<OkCrit><us><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta desacuerdo con propuesta	→	<NoOkCrit><act><us><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra desacuerdo de algún usuario	←	<NoOkCrit><us><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	Cuando todos han votado, el usuario que cuenta los votos envía la elección de criterio	→	<ElecCrit><act><us><criterio>	Recibe el mensaje de un usuario

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
	Se asigna el criterio seleccionado	←	<ElecCrit><us><criterio>	Difunde el mensaje al grupo
Asignación de Tarea	Propuesta de asignación de tarea (el usuario que propone cuenta los votos)	→	<PropRep><act><us><usAsig><opcAsig>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra propuesta de asignación de tarea de algún usuario	←	<PropRep><us><usAsig><opcAsig>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta acuerdo con propuesta	→	<OkRep><act><us><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra acuerdo de algún usuario	←	<OkRep><us><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta desacuerdo con propuesta	→	<NoOkRep><act><us><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra desacuerdo de algún usuario	←	<NoOkRep><us><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	Cuando todos han votado, el usuario que cuenta los votos envía la elección de una asignación	→	<ElecRep><act><us><usAsig><opcAsig>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se da de alta la asignación seleccionada	←	<ElecRep><us><usAsig><opcAsig>	Difunde el mensaje al grupo
Propuesta de salida del Reparto de Tareas	Propuesta de abandono del Reparto de Tareas	→	<VotTer><act><us>	Recibe la propuesta de acceso
	Muestra ventana de votación tipo Si/No (realización de voto)	←	<VotTer><act><us>	Difunde el mensaje y se crea un Servidor de Votación

Tabla 3. Tramas de datos de la tarea de Reparto de Tareas.

6.4. Parametrización

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Asignación de valor a parámetro (modelo Basado en Propuestas)	Propuesta de Parámetro (el usuario que propone cuenta los votos)	→	<PropPar><act><us><numPar><valor>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra valor propuesto por algún usuario	←	<PropPar><us><numPar><valor>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta acuerdo con propuesta	→	<OkPar><act><us><numPar><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra acuerdo de algún usuario	←	<OkPar><us><numPar><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta desacuerdo con propuesta	→	<NoOkPar><act><us><numPar><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra desacuerdo de algún usuario	←	<NoOkPar><us><numPar><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	El usuario que cuenta los votos envía la elección de valor	→	<ElecVal><act><us><numPar><numUsAct>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se asigna el valor al parámetro	←	<ElecVal><us><numPar><numUsAct>	Difunde el mensaje al grupo

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Asignación de valor a parámetro (modelo Democrático)	Propuesta de Parámetro	→	<PropPar><act><us><numPar><valor>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra valor propuesto por algún usuario, y el propio usuario calcula el nuevo valor “demócraticamente” (media o moda)	←	<PropPar><us><numPar><valor>	Difunde el mensaje al grupo
Propuesta de salida de Parametrización	Propuesta de abandono de la Parametrización	→	<VotTer><act><us>	Recibe la propuesta de acceso
	Muestra ventana de votación tipo <i>Sí/No</i> (realización de voto)	←	<VotTer><act><us>	Difunde el mensaje y se crea un Servidor de Votación

Tabla 4. Tramas de datos de la tarea de Parametrización.

6.5. Diseño

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Entrada al diseño con éxito	Comunicación de entrada al diseño indicando la actividad y el usuario	→	<EntDis><activ><" "><usuario>	Recibe el mensaje de un usuario
	Recibe confirmación y número de actividad y de usuario	←	<OkEntDis><act><us><usuario>	Difunde la confirmación de acceso y el número de actividad y de usuario al grupo
	Comunica a los otros usuarios la entrada y el número de usuario	→	<OkEntDis><act><us>	Recibe el mensaje de un usuario
	Recibe el número de usuario de un usuario	←	<EntDis><us>	Difunde el número de usuario al grupo
Entrada al diseño sin éxito	Comunicación de entrada al diseño indicando la actividad y el usuario	→	<EntDis><activ><" "><usuario>	Recibe el mensaje de un usuario
	Recibe la no confirmación y el tipo de error	←	<NoOkEntDis><errorDis><usuario>	Difunde la no confirmación de acceso y el tipo de error
Salida del diseño	Comunicación de salida del diseño	→	<SalDis><act><us>	Recibe el mensaje de un usuario
	Recibe la comunicación de salida de un usuario	←	<SalDis><us>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Movimiento de ratón (puntero)	Movimiento de ratón a la posición (x,y)	→	<MovRat><act><us><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza el puntero de ratón de algún usuario	←	<MovRat><us><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Inserción de operador	Inserción de operador	→	<InsOp><act><us><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la inserción de operador de algún usuario	←	<InsOp><us><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Enlace de operadores	Inserción de un enlace entre dos operadores	→	<InsEnl><act><us><opSist><xSist><ySist><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la inserción de un enlace de algún usuario	←	<InsEnl><us><opSist><xSist><ySist><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Inserción de una figura	Inserción de una figura	→	<InsFig><act><us><fig><x1><y1><x2><y2><color>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la inserción de una figura de otro usuario	←	<InsFig><us><fig><x1><y1><x2><y2><color>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Inserción de texto	Inserción de texto	→	<InsTex><act><us><x><y><color><texto>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la inserción de texto de otro usuario	←	<InsTex><us><x><y><color><texto>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Cambio en el estado del usuario	Comunicación del nuevo estado del usuario	→	<EstDis><act><us><estado>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa el estado de algún usuario	←	<EstDis><us><estado>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Selección de un operador	Selección de un operador	→	<SelDis><act><us><SelOp><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la selección de operador de un usuario	←	<SelDis><us><SelOp><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Eliminación de un operador	Eliminación de un operador seleccionado	→	<ElimDis><act><us><SelOp><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la eliminación de operador de un usuario	←	<ElimDis><us><SelOp><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Selección de una figura	Selección de una figura	→	<SelDis><act><us><SelFig><fig><x1><y1><x2><y2>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la selección de figura de un usuario	←	<SelDis><us><SelFig><fig><x1><y1><x2><y2>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Eliminación de una figura	Eliminación de una figura seleccionada	→	<ElimDis><act><us><SelFig><fig><x1><y1><x2><y2>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la eliminación de figura de un usuario	←	<ElimDis><us><SelFig><fig><x1><y1><x2><y2>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Selección de texto	Selección de texto	→	<SelDis><act><us><SelTex><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la selección de texto de un usuario	←	<SelDis><us><SelTex><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Eliminación de texto	Eliminación del texto seleccionado	→	<ElimDis><act><us><SelTex><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la eliminación de texto de un usuario	←	<ElimDis><us><SelTex><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Selección de un enlace entre operadores (sistemas, actuadores, receptores y UCP)	Selección de un enlace	→	<SelDis><act><us><SelEnl><op1><x1><y1><op2><x2><y2>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la selección de enlace de un usuario	←	<SelDis><us><SelEnl><op1><x1><y1><op2><x2><y2>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Eliminación de un enlace entre operadores (sistemas, actuadores, receptores y UCP)	Eliminación de un enlace seleccionado	→	<ElimDis><act><us><SelEnl><op1><x1><y1><op2><x2><y2>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la eliminación de enlace de un usuario	←	<ElimDis><us><SelEnl><op1><x1><y1><op2><x2><y2>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Selección de un bus de datos	Selección de un bus	→	<SelDis><act><us><SelBus><x1><y1><x2><y2>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la selección de bus de un usuario	←	<SelDis><us><SelBus><x1><y1><x2><y2>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Eliminación de un bus de datos	Eliminación de un bus seleccionado	→	<ElimDis><act><us><SelBus><x1><y1><x2><y2>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la eliminación de bus de un usuario	←	<ElimDis><us><SelBus><x1><y1><x2><y2>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Selección de un enlace a bus de datos	Selección de un enlace a bus	→	<SelDis><act><us><SelEBus><xBus><yBus><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la selección de enlace a bus de un usuario	←	<SelDis><us><SelEBus><xBus><yBus><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Eliminación de un enlace a bus de datos	Eliminación de un enlace a bus seleccionado	→	<ElimDis><act><us><SelEBus><xBus><yBus><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la selección de enlace a bus de un usuario	←	<ElimDis><us><SelEBus><xBus><yBus><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Selección de un enlace eléctrico	Selección de un enlace eléctrico	→	<SelDis><act><us><SelEle><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la selección de enlace eléctrico de un usuario	←	<SelDis><us><SelEle><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Eliminación de un enlace eléctrico	Eliminación de un enlace eléctrico seleccionado	→	<ElimDis><act><us><SelEle><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la eliminación de enlace eléctrico de un usuario	←	<ElimDis><us><SelEle><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Movimiento de Operador	Movimiento de operador	→	<MovOp><act><us><op><xOrig><yOrig><xDest><yDest>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa el movimiento de operador de un usuario	←	<MovOp><us><op><xOrig><yOrig><xDest><yDest>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Enlace de operador a UCP	Enlace entre operador y UCP	→	<InsEUCP><act><us><xUCP><yUCP><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa el enlace a UCP de un usuario	←	<InsEUCP><us><xUCP><yUCP><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Línea de bus	Inserción de línea de bus	→	<InsBus><act><us><x1><y1><x2><y2>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa la línea de bus insertada de un usuario	←	<InsBus><us><x1><y1><x2><y2>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Enlace de operador a bus	Enlace entre operador y bus	→	<InsEBus><act><us><xBus><yBus><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa el enlace a bus de un usuario	←	<InsEBus><us><xBus><yBus><op><x><y>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Enlace de operador a electricidad	Enlace entre operador y electricidad	→	<InsEle><act><us><op><x><y> <xEnch><yEnch>	Recibe el mensaje de un usuario
	Visualiza y procesa el enlace a electricidad de un usuario	←	<InsEle><us><op><x><y> <xEnch><yEnch>	Difunde el mensaje a los usuarios
Modificación de las propiedades de un operador	Modificación de las propiedades de un operador	→	<ModProp><act><us><op><x><y> <propOp>	Recibe el mensaje de un usuario
	Búsqueda, lectura y modificación de las propiedades del operador modificado por un usuario	←	<ModProp><us><op><x><y> <propOp>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo
Integración de reparto	Integración del trabajo	→	<IntRep><act><us>	Recibe el mensaje de un usuario
	Procesa la integración y se visualiza el trabajo global si todos los usuarios han integrado	←	<IntRep><us>	Difunde el mensaje a los usuarios del grupo

Tabla 5. Tramas de datos de la tarea de Diseño.

6.6. Simulación

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
Propuesta de caso de simulación	Propuesta de caso de simulación (el usuario que propone cuenta los votos)	→	<PropCaso><act><us><caso>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra propuesta de caso de algún usuario	←	<PropCaso><us><caso>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta acuerdo con propuesta de caso	→	<Ok><act><us><PropCaso><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra acuerdo con caso de algún usuario	←	<Ok><us><PropCaso><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta desacuerdo con propuesta de caso	→	<NoOk><act><us><PropCaso> <quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra desacuerdo con caso de algún usuario	←	<NoOk><us><PropCaso> <quien>	Difunde el mensaje al grupo
	El usuario que cuenta los votos envía la elección de caso	→	<ElecCaso><act><us><caso>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se asigna el caso acordado	←	<ElecCaso><us><caso>	Difunde el mensaje al grupo
Propuesta de hipótesis	Propuesta de hipótesis (el usuario que propone cuenta los votos)	→	<PropHip><act><us><hipot>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra propuesta de hipótesis de algún usuario	←	<PropHip><us><hipot>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta acuerdo con propuesta de hipótesis	→	<Ok><act><us><PropHip><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra acuerdo con hipótesis de algún usuario	←	<Ok><us><PropHip><quien>	Difunde el mensaje al grupo

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
	Manifiesta desacuerdo con propuesta de hipótesis	→	<NoOk><act><us><PropHip><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra desacuerdo con hipótesis de algún usuario	←	<NoOk><us><PropHip><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	El usuario que cuenta los votos envía la elección de hipótesis	→	<ElecHip><act><us><hipot>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se asigna la hipótesis acordada	←	<ElecHip><us><hipot>	Difunde el mensaje al grupo
Propuesta de verificación de hipótesis (hipótesis verdadera)	Propuesta de verificación de hipótesis (el usuario que propone cuenta los votos)	→	<ConfHip><act><us><"1"><numHip>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra propuesta de verificación de hipótesis de algún usuario	←	<ConfHip><us><"1"><numHip>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta acuerdo con propuesta de verificación de hipótesis	→	<Ok><act><us><ConfHip><quien><"1">	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra acuerdo con verificación de hipótesis de algún usuario	←	<Ok><us><ConfHip><quien><"1">	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta desacuerdo con propuesta de verificación de hipótesis	→	<NoOk><act><us><ConfHip><quien><"1">	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra desacuerdo con verificación de hipótesis de algún usuario	←	<NoOk><act><us><ConfHip><quien><"1">	Difunde el mensaje al grupo
	El usuario que cuenta los votos envía la elección de verificación de hipótesis	→	<ElecCHip><act><us><"1"><numHip>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se asigna la verificación de hipótesis acordada	←	<ElecCHip><us><"1"><numHip>	Difunde el mensaje al grupo
Propuesta de no verificación de hipótesis (hipótesis falsa)	Propuesta de no verificación de hipótesis (el usuario que propone cuenta los votos)	→	<ConfHip><act><us><"0"><numHip>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra propuesta de no verificación de hipótesis de algún usuario	←	<ConfHip><us><"0"><numHip>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta acuerdo con propuesta de no verificación de hipótesis	→	<Ok><act><us><ConfHip><quien><"0">	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra acuerdo con no verificación de hipótesis de algún usuario	←	<Ok><us><ConfHip><quien><"0">	Difunde el mensaje al grupo

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
	Manifiesta desacuerdo con propuesta de no verificación de hipótesis de algún usuario	→	<NoOk><act><us><ConfHip><quien><"0">	Difunde el mensaje al grupo
	Muestra desacuerdo con no verificación de hipótesis de algún usuario	←	<NoOk><act><us><ConfHip><quien><"0">	Difunde el mensaje al grupo
	El usuario que cuenta los votos envía la elección de no verificación de hipótesis	→	<ElecCHip><act><us><"0"><numHip>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se asigna la no verificación de hipótesis acordada	←	<ElecCHip><us><"0"><numHip>	Difunde el mensaje al grupo
Inicio de simulación de un caso	Propuesta de simulación de caso (el usuario que propone cuenta los votos)	→	<PregSimCaso><act><us><"1"><numCaso>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra propuesta de simulación de caso de algún usuario	←	<PregSimCaso><us><"1"><numCaso>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta acuerdo con simulación de caso	→	<Ok><act><us><PregSimCaso><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra acuerdo con simulación de caso de algún usuario	←	<Ok><us><PregSimCaso><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta desacuerdo con simulación de caso	→	<NoOk><act><us><PregSimCaso><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	Muestra desacuerdo con simulación de caso de algún usuario	←	<NoOk><us><PregSimCaso><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	El usuario que cuenta los votos envía la simulación de caso	→	<SimCaso><act><us><"1"><numCaso><prob><" "><plano>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se comienza la simulación de caso	←	<SimCaso><us><"1"><numCaso><prob><" "><plano>	Difunde el mensaje al grupo y se crea un Servidor de Simulación
Finalización de simulación de un caso	Propuesta de finalización de simulación de caso (el usuario que propone cuenta los votos)	→	<PregSimCaso><act><us><"0">	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra propuesta de finalización de simulación de caso de algún usuario	←	<PregSimCaso><us><"0">	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta acuerdo con finalización de simulación de caso	→	<Ok><act><us><SimCaso><quien>	Recibe el mensaje de un usuario
	Muestra acuerdo con finalización de simulación de caso de algún usuario	←	<Ok><us><SimCaso><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	Manifiesta desacuerdo con finalización de simulación de caso	→	<NoOk><act><us><SimCaso><quien>	Recibe el mensaje de un usuario

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
	Muestra desacuerdo con finalización de simulación de caso de algún usuario	←	<NoOk><us><SimCaso><quien>	Difunde el mensaje al grupo
	El usuario que cuenta los votos envía la finalización de simulación de caso	→	<SimCaso><act><us><"0">	Recibe el mensaje de un usuario
	Se finaliza la simulación de caso	←	<SimCaso><us><"0">	Difunde el mensaje al grupo y se detiene el funcionamiento del Servidor de Simulación
Acciones del Servidor de Simulación (funcionamiento automático)	Se muestra la hora de simulación	←	<TiemSim><hora><min><seg>	El Servidor de Simulación difunde la hora de simulación
	Se muestran y procesan las temperaturas de las habitaciones	←	<TempSim>{<temp>}	El Servidor de Simulación difunde las temperaturas
	Se muestran y procesan la iluminaciones de las habitaciones	←	<IlumSim>{<ilum>}	El Servidor de Simulación difunde las iluminaciones
	Se muestran y procesan las cargas de las líneas de potencia	←	<CargSim>{<linea><carga>}	El Servidor de Simulación difunde las cargas
	Se muestra y procesa el encendido de un operador	←	<EncOp><usSim><op><x><y>	El Servidor de Simulación difunde el encendido de un operador
	Se muestra y procesa el movimiento de la persina	←	<EncOp><usSim><op><x><y> <estPers>	El Servidor de Simulación difunde el movimiento de la persiana
	Se muestra y procesa el apagado de un operador	←	<ApagOp><usSim><op><x><y>	El Servidor de Simulación difunde el apagado de un operador
	Se muestra y procesa la rotura de una línea de carga	←	<CargaExc><linea>	El Servidor de Simulación difunde la rotura de una línea de carga
Cambio del paso de simulación	Cambio del paso de simulación	→	<PasoSim><act><us><paso>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se muestra y asigna el paso de simulación de algún usuario	←	<PasoSim><us><paso>	Difunde el mensaje al grupo
Apertura y cierre de puertas	Apertura de una puerta	→	<Abrir><act><us><puerta>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza la apertura de una puerta de algún usuario	←	<Abrir><us><puerta>	Difunde el mensaje al grupo
	Cierre de una puerta	→	<Cerrar><act><us><puerta>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza el cierre de una puerta de algún usuario	←	<Cerrar><us><puerta>	Difunde el mensaje al grupo
Encendido y apagado de operadores (incluido el movimiento de la persiana)	Se enciende un operador	→	<EncOp><act><us><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza el encendido de un operador de algún usuario	←	<EncOp><us><op><x><y>	Difunde el mensaje al grupo

Acción	Receptor	D.	Tramas de Datos	Coordinador
	Se apaga un operador	→	<ApagOp><act><us><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza el apagado de un operador de algún usuario	←	<ApagOp><us><op><x><y>	Difunde el mensaje al grupo
	Se mueve una persiana	→	<EncOp><act><us><op><x><y> <estPers>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza el movimiento de una persiana de algún usuario	←	<EncOp><us><op><x><y> <estPers>	Difunde el mensaje al grupo
Presencia y ausencia humana en una habitación	Presencia humana en una habitación	→	<Presen><act><us><habit><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza la presencia en una habitación de algún usuario	←	<Presen><us><habit><x><y>	Difunde el mensaje al grupo
	Ausencia humana en una habitación	→	<Ausenc><act><us><habit>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza la ausencia en una habitación de algún usuario	←	<Ausenc><us><habit>	Difunde el mensaje al grupo
Rotura y arreglo de cables y líneas de carga	Se rompe un bus de datos	→	<Rotura><act><us><TipoBus> <x1><y1><x2><y2>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza la rotura de un bus de datos de algún usuario	←	<Rotura><us><TipoBus> <x1><y1><x2><y2>	Difunde el mensaje al grupo
	Se rompe un enlace a bus de datos	→	<Rotura><act><us><TipoEnlB> <xBus><yBus><op><x><y>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza la rotura de un enlace a bus de datos de algún usuario	←	<Rotura><us><TipoEnlB> <xBus><yBus><op><x><y>	Difunde el mensaje al grupo
	Se rompe un enlace eléctrico	→	<Rotura><act><us><TipoEnlE> <op><x><y><xEnch><yEnch>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza la rotura de un enlace eléctrico de algún usuario	←	<Rotura><us><TipoEnlE> <op><x><y><xEnch><yEnch>	Difunde el mensaje al grupo
	Se rompe un enlace (a sistema o UCP)	→	<Rotura><act><us><TipoEnlace> <op1><x1><y1><op2><x2><y2>	Recibe el mensaje de un usuario
	Se procesa y visualiza la rotura de un enlace (a sistema o UCP) de algún usuario	←	<Rotura><us><TipoEnlace> <op1><x1><y1><op2><x2><y2>	Difunde el mensaje al grupo
Propuesta de salida de Simulación	Propuesta de abandono de la Simulación	→	<VotTerSim><act><us>	Recibe la propuesta de acceso
	Muestra ventana de votación tipo Sí/No (realización de voto)	←	<VotTerSim><act><us>	Difunde el mensaje y se crea un Servidor de Votación

Tabla 6. Tramas de datos de la tarea de Simulación.

6.7. Símbolos

Símbolo	Tipo	Caracteres	Descripción
<" " "> <" ">	Cadena	1	Caracteres separadores
<act>	Entero	1	Número que identifica a una actividad y que permite al Coordinador mantener una tabla de información relacionada, como por ejemplo los usuarios que trabajan con esa actividad
<activ>	Cadena	Variable	Identificación de la actividad (código)
<carga>	Real	4	Representa un valor numérico real de consumo de energía
<caso>	Cadena	Variable	Texto que describe un caso de simulación
<color>	Cadena	6	Identifica un color en notación RGB, representando cada componente (rojo, verde y azul) con 2 caracteres
<criterio>	Entero	1	Identifica el tipo de criterio de reparto: 0=habitaciones, 1=áreas de gestión, 2=tareas, 3=sin reparto
<errorDis>	Cadena	1	Tipo de error en la entrada del usuario al diseño: 1=Usuario ya conectado, 2=No hay definida ninguna sesión
<estado>	Entero	1	Representa el estado del usuario durante el diseño: 0=editando, 1=parametrizando, 2=seleccionando, 3=enlazando, 4=simulando, 5=diseñando, 6=dibujando y 7=comunicando
<estPers>	Entero	1	Identifica el estado de la persiana: 0=subida, ... , 4=bajada
<fig>	Entero	1	Representa el tipo de figura gráfica: 60=círculo, 61=rectángulo, 62=línea, 63=flecha, 64=cruz y 65=texto
<frecNum>	Entero	1	Frecuencia de votos del valor votado en una votación de tipo <i>numérico</i>
<frecVal>	Entero	1	Frecuencia de votos del valor votado en una votación de tipo <i>lista de valores</i>
<habit>	Entero	1	Identifica una habitación mediante el número que hace en el plano
<hipot>	Cadena	Variable	Texto que describe una hipótesis de simulación
<hora>, <min>, <seg>	Cadenas	1	Representan la hora, los minutos y los segundos
<ilum>	Real	4	Representa un valor numérico real de iluminación
<linea>	Entero	1	Representa una línea de carga (1 a 10)
<numCaso>	Entero	1	Identifica un caso de simulación en función de la posición que ocupa en la lista de casos
<numHip>	Entero	1	Identifica una hipótesis en función de la posición que ocupa en la tabla de hipótesis
<numNo>	Entero	1	Número de votos negativos (<i>no</i>) en una votación de tipo <i>sí/no</i>
<numPar>	Entero	1	Identifica a un parámetro mediante la posición que ocupa en la lista de parámetros
<numSi>	Entero	1	Número de votos afirmativos (<i>sí</i>) en una votación de tipo <i>sí/no</i>
<numUsAct>	Entero	1	Identifica al usuario que ha asignado valor a un parámetro según la posición que ocupa el usuario en el panel (1 a 5)
<numVal>	Entero	1	Indica un número de valores
<op>	Entero	1	Identifica a un operador con un entero entre 0 y 42
<op1>, <op2>	Enteros	1	Identificadores de operadores

Símbolo	Tipo	Caracteres	Descripción
<opcAsig>	Entero	1	Identifica el objeto asignado mediante la posición que ocupa (1 en adelante) en la lista de tareas asignables en el Reparto de Tareas
<opSist>	Entero	1	Identifica a un operador de tipo sistema de regulación
<paso>	Entero	2	Paso de simulación en segundos (0 a 9999)
<plano>	Cadena	Variable	Representa la identificación del plano
<prob>	Cadena	Variable	Representa la identificación del problema
<propOp>	Cadena	Variable	Representa una lista de valores de propiedades de un operador. Se codifican los enteros como cadenas de 2 caracteres, los reales como cadenas de 4 caracteres y las propiedades lógicas como caracteres <i>S</i> o <i>N</i>
<puerta>	Entero	1	Identifica una puerta mediante el número que hace en el plano
<quien>	Entero	1	Número que identifica un usuario y representa la posición que ocupa en el Panel de Sesión
<temp>	Real	4	Representa un valor numérico real de temperatura
<texto>	Cadena	Variable	Cadena de longitud variable que representa un texto (mensaje de chat, texto de una pregunta, texto de una hipótesis...)
<us>	Entero	1	Número entre 1 y 5 que identifica a un usuario dentro de su grupo
<usAsig>	Entero	1	Identifica al usuario al que se asigna una tarea, en función del lugar que ocupe el usuario en el Panel de Sesión (1 a 5)
<usSim>	Entero	1	Identificador de usuario que representa al Servidor de Simulación (valor 10)
<usuario>	Cadena	Variable	Identificación del usuario (D.N.I.)
<valor>	Cadena	Variable	Es un valor, que puede ser un número o un dato alfanumérico
<valores>	Cadena	Variable	Lista de valores (cadenas de caracteres separadas por espacios), que pueden representar números o datos alfanuméricos
<votos>	Entero	1	Número de votos en una votación
<x>, <y>	Enteros	2	Números que representan <i>pixels</i> de pantalla; en general una posición (x,y) de la pizarra electrónica
<x1>, <y1>	Enteros	2	Identifican coordenadas de la pizarra electrónica
<x2>, <y2>	Enteros	2	Identifican coordenadas de la pizarra electrónica
<xBus>, <yBus>	Enteros	2	Identifican coordenadas en la pizarra electrónica relativas a un bus de datos
<xDest>, <yDest>	Enteros	2	Identifican coordenadas en la pizarra electrónica relativas a una posición destino
<xEnch>, <yEnch>	Reales	4	Identifican coordenadas en metros que identifican la posición de un enchufe en el plano
<xOrig>, <yOrig>	Enteros	2	Identifican coordenadas en la pizarra electrónica relativas a una posición origen
<xSist>, <ySist>	Enteros	2	Identifican la posición de un sistema
<xUCP>, <yUCP>	Enteros	2	Identifican coordenadas en la pizarra electrónica relativas a una UCP

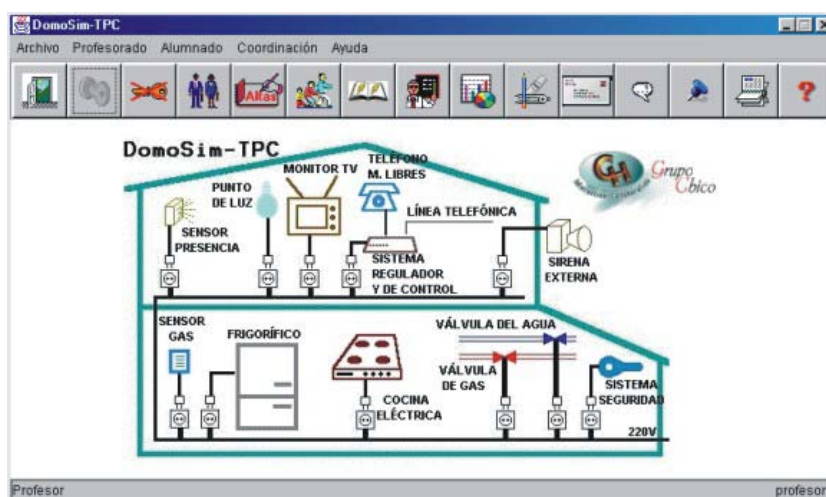
Tabla 7. Símbolos significativos de las tramas de datos.

7. Manual de Usuario de DomoSim-TPC

El manual completo de la aplicación DomoSim-TPC puede consultarse en la página web <http://chico.inf-cr.uclm.es/domosim>. En esta sección se incluyen las partes relacionadas con el diseño y simulación de modelos en colaboración síncrona como solución a problemas de Domótica, que es la tratada en esta investigación.

7.1. El entorno DomoSim-TPC

DomoSim-TPC constituye un entorno integrado para el aprendizaje de las técnicas de diseño de instalaciones para la automatización integral de viviendas y edificios, soportando la realización de actividades colaborativas en grupo y a distancia, la simulación distribuida del diseño realizado, el análisis del proceso que ha seguido el grupo, la evaluación de la solución obtenida y las relaciones entre el proceso y la solución.



En Domosim cabe destacar las siguientes características:

- Utiliza como dominio de aplicación la Domótica, o Automatización Integral de Viviendas y Edificios, entendida como el conjunto de elementos que, instalados, interconectados y controlados automáticamente en una vivienda liberan al usuario de las acciones rutinarias de cada día y que proporcionan, al mismo tiempo, la optimización en el confort, el consumo energético, la seguridad y las comunicaciones.
- Los profesores pueden gestionar y desarrollar problemas, en base a los cuales se plantean actividades a realizar individualmente o en un grupo previamente configurado. Estos problemas se almacenan en una memoria organizativa y se clasifican según su nivel instruccional.
- Los alumnos disponen de herramientas para participar en actividades de resolución de problemas basados en escenarios reales (aprendizaje por descubrimiento mediante proyectos).
- Los alumnos realizan una planificación de acciones de diseño, cuya solución final se obtiene fruto de la colaboración del grupo y enriquecida con los puntos de vista de cada uno de los miembros de dicho grupo. Para esto, disponen de un subespacio de trabajo individual (editor de planes de diseño) donde, haciendo uso de iconos que se asocian a acciones genéricas de diseño, desarrollan y proponen su plan de diseño. En un segundo subespacio de trabajo (espacio de discusión y argumentación) tiene lugar la discusión asincrónica y organización de las propuestas de cada uno de los participantes, para así consensuar una solución de grupo. El trabajo en ambos subespacios es guiado por el sistema en base a conocimiento experto sobre el dominio, que el propio profesor puede incorporar cuando propone el problema, de este modo, se pretende ayudar y enriquecer el proceso de aprendizaje de los alumnos, ya que de otra forma un entorno de diseño y simulación utilizado a distancia puede suponer el desconcierto de sus usuarios.
- Una vez realizada la planificación del diseño, el grupo puede realizar éste, ahora de forma síncrona. El sistema monitoriza y comprueba que el diseño se corresponde con el plan trazado con anterioridad.
- El sistema puede simular el comportamiento del diseño realizado. La simulación se lleva a cabo de forma síncrona. Todos y cada uno de los alumnos pueden intervenir en la misma, generando eventos distribuidos que afectan al proceso de simulación como incidencias externas.
- Para facilitar este proceso se cuenta con diversas herramientas de comunicación, tanto síncronas como asíncronas (chat, e-mail, sistemas de votación, agenda de sesiones, tablón de últimas noticias, etc.), lo cual constituye un grupo de herramientas de coordinación, accesibles tanto por profesores como por alumnos, pero donde la información se clasifica de acuerdo al concepto de grupo de trabajo.
- El sistema ofrece al profesor, dentro del espacio de profesorado, un análisis cuantitativo y cualitativo, fruto de la reconstrucción del razonamiento seguido por los alumnos y del diálogo practicado por los mismos a lo largo de la actividad. Estas intervenciones se almacenan en una base de datos estructurada.
- Todas y cada una de las características son accesibles a distancia, empleando para ello cualquier navegador web con soporte para código Java, es decir, que incorpore una máquina virtual java versión 1.3 o superior (JVM 1.3).
- DomoSim-TPC constituye un caso de estudio en el que se llevan a la práctica distintas teorías relacionadas con: tutores inteligentes, colaboración en tareas de grupo, aprendizaje por descubrimiento y a distancia, lenguajes de resolución intermedios y simulación con eventos distribuidos. Todo ello en el marco del aprendizaje a distancia.

7.2. Instalación y configuración

Para poder ejecutar los diferentes programas debe tenerse instalado el *Runtime* del JDK 1.3 (Java Development Kit versión 1.3).

El entorno DomoSim debe instalarse en el directorio **domosim** de la unidad C. Para ejecutar la aplicación en modo local deben ejecutarse dos programas: el Coordinador Síncrono y la aplicación propiamente dicha. Cuando el entorno es utilizado de manera distribuida, es decir, el Coordinador ya está funcionando en algún otro ordenador, sólo es necesario ejecutar la aplicación.

El Coordinador se encarga de distribuir las interacciones síncronas que se producen entre los usuarios, y debe estar permanentemente en ejecución. Para ejecutarlo se utilizará el programa **coordinador** del directorio **domosim\bin**.

Cuando se invoca el programa **coordinador** pueden suministrarse dos argumentos que son opcionales:

```
coordinador [tipo_bd] [dir_sgbd]
```

El primer argumento es el tipo de base de datos, que puede ser 0 (Microsoft Access), 1 (Interbase, de Borland) o 2 (MySQL). El segundo es la dirección de la computadora en la que reside el Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD). Algunos ejemplos de ejecución son los siguientes:

```
coordinador
coordinador 2 161.67.27.94
coordinador 1 chico.inf-cr.uclm.es
```



```

C:\domosim\bin>java -cp ..\classes;interclient.jar;mm_mysql-2_0_2-bin.jar coordi
nador.Coordinac
+-----+
+ COORDINADOR SINCRONO +
+-----+
(161.67.27.224:10000)
Conexion a B.D. OK (ODBC - ODBC)
Ctrl+C: Finalizar Coordinador
Coordinador de Acciones Sincronas Iniciado
...

```

Cuando el Coordinador se ha podido ejecutar sin problemas, aparecen en la consola los mensajes que se muestran en la figura anterior. Tras el título del programa se muestran, entre paréntesis, la dirección IP del ordenador donde está en ejecución el Coordinador y el puerto donde permanece a la espera de conexiones síncronas por parte de las aplicaciones que ejecutan los usuarios. En la línea siguiente aparece un texto que informa del tipo de conexión a la base de datos establecido. El Coordinador se podrá detener pulsando las teclas Control+C.

Para ejecutar la aplicación se utilizará el programa **domosim** del directorio **domosim/bin**. De la misma manera que el Coordinador, puede tomar dos parámetros:

```
domosim [tipo_bd] [dir_sgbd]
```

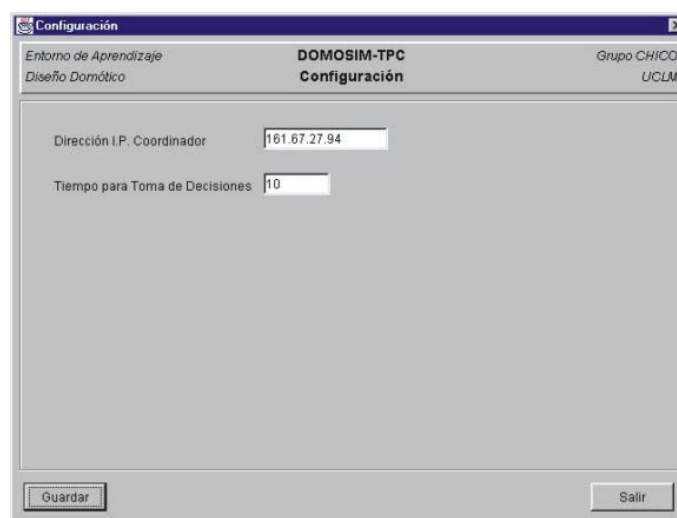
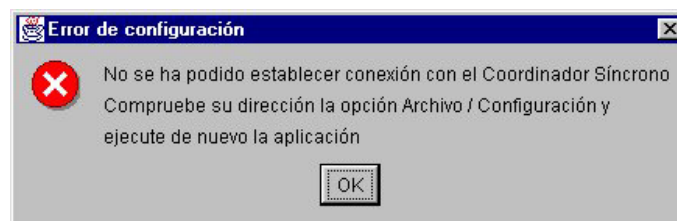
El primer argumento es el tipo de base de datos, que puede ser 0 (Microsoft Access), 1 (Interbase, de Borland) o 2 (MySQL). El segundo es la dirección de la computadora en la que reside el Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD). Algunos ejemplos de ejecución son los siguientes:

```
domosim
```

```
domosim 2 161.67.27.94
```

```
domosim 1 chico.inf-cr.uclm.es
```

Al arrancar este programa se abrirá una ventana que pide la identificación del usuario y su contraseña. Una vez identificado el usuario aparecerá la ventana principal de la aplicación con el menú de opciones. Es posible que la conexión con el Coordinador no se haya podido efectuar, en cuyo caso se habrá mostrado el mensaje de error correspondiente.



Para configurar en la aplicación la dirección IP en la que se encuentra el Coordinador se accederá a la opción *Configuración* del menú *Archivo*. Cuando se haya cambiado esta dirección y se haya pulsado *Guardar* es preciso salir de la aplicación y volver a iniciarla. Esta opción sólo está disponible para el profesor. También en esta misma ventana puede cambiarse el tiempo que se da como máximo para el desarrollo de un proceso de decisión. Estas votaciones síncronas se utilizan en los espacios de diseño y simulación.

7.3. Identificación y acceso

Para determinar el conjunto de herramientas que se pueden utilizar se lleva a cabo una asignación de roles a cada usuario que el sistema tiene modelado. Por este motivo, la entrada en el sistema se realiza de forma identificada, proporcionando un par de palabras que constituyen el *nombre de usuario* y la *contraseña* o palabra clave. De este modo, los usuarios de tipo *profesor* trabajan en el espacio que forman las herramientas de *profesorado* y los usuarios de tipo *alumno* o *aprendiz* trabajan en el espacio que forman las herramientas de estudiante, aunque ambos tipos de usuario comparten algunas herramientas, como son las relativas a *coordinación*.

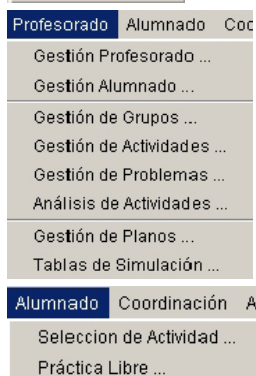


7.4. Organización de las herramientas

En el entorno informático todas las herramientas son accesibles desde la barra de menús, aunque algunas son además accesibles desde la barra de iconos o herramientas que aparece bajo la barra de menús. No se especifica en este tutorial la funcionalidad de todos los iconos de la barra de herramientas, ya que se ha recurrido al empleo de “pistas” o “tips” que describen de forma precisa la funcionalidad asociada a cada uno de ellos.

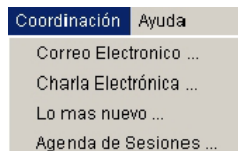


En el menú de Archivo se pueden encontrar las funciones típicas de acceso (login) y salida del sistema (Salir), o de cambio de tipo de usuario (Logout). Además, los usuarios de tipo Profesor pueden configurar y parametrizar algunas opciones relativas al propio entorno de ejecución (Configuración).



El menú Profesorado recoge las herramientas asociadas a funciones de los profesores y coordinadores de grupos, como es la propia gestión de usuarios y grupos, el diseño, planteamiento y mantenimiento de problemas, la gestión y planificación de actividades, el análisis y evaluación del trabajo realizado en las experiencias, etc.

Bajo el menú de Alumnado se agrupan las tareas propias del trabajo de los alumnos, es decir, de acceso a las actividades o experiencias, bien para planificar su estrategia de resolución o bien para resolverla. Además, se ha previsto la posibilidad de que puedan practicar y trabajar, de forma libre e individual, en problemas no asociados a actividades planificadas.



El menú de Coordinación agrupa una serie de herramientas destinadas a la coordinación de los miembros de los grupos de trabajo. En este sentido se dispone de un servicio de mensajería de tipo correo electrónico. Hay servicio de charla electrónica o chat, donde los canales de comunicación se agrupan en torno a los grupos de trabajo. Incorpora una herramienta que pretende modelar un tablón de anuncios (*Lo más nuevo*) que muestra, con gran facilidad de acceso, información sobre los últimos eventos que han ocurrido relacionados con el trabajo en los diversos grupos y actividades. Además, se puede consultar la agenda de sesiones de trabajo en tiempo real o síncronas, sesiones que los coordinadores de grupo establecen.

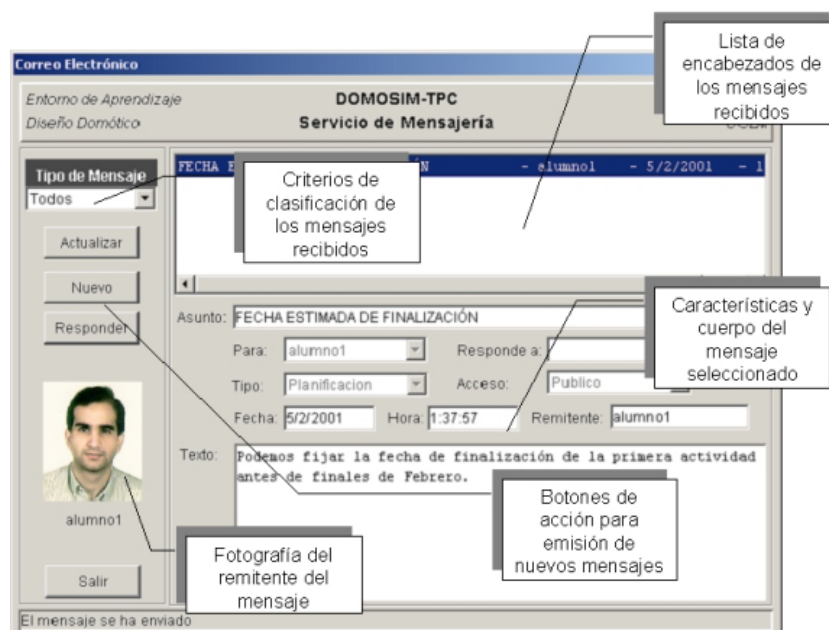
Finalmente, el menú Ayuda incluye información sobre el propio DomoSim-TPC y el Grupo de Investigación CHICO (Computer Human Interaction and Collaboration). Precisamente, es en este menú donde se ha situado este tutorial sobre la utilización del sistema.

7.5. Herramientas de coordinación

Las herramientas de coordinación facilitan la comunicación y coordinación entre los miembros de los diferentes grupos.

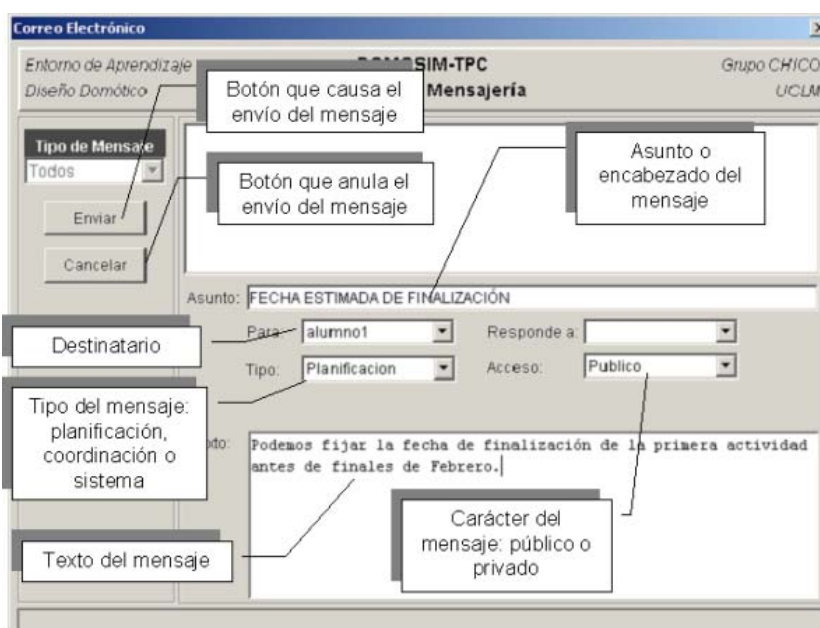
Correo electrónico

La herramienta de mensajería electrónica se presenta en un cuadro de diálogo donde se distinguen algunos elementos importantes:



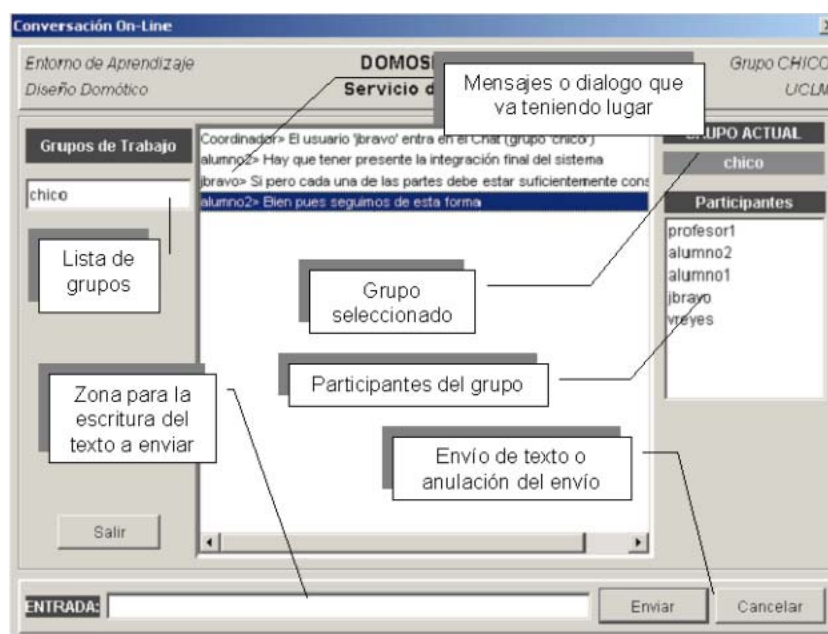
- **Lista de encabezados de los mensajes recibidos:** La lista de encabezados muestra la información relativa al *asunto* del mensaje. Si un encabezado de la lista se selecciona mediante un clic de ratón, aparece la información completa del mensaje en la zona del cuerpo del mensaje, es decir, aparece el destinatario, el tipo, la fecha y hora de emisión, el remitente y el texto de dicho mensaje.

- **Características y cuerpo del mensaje seleccionado:** En esta zona se puede observar el contenido del mensaje al completo. Se puede observar la información sobre tipo de acceso: el mensaje puede ser público o privado. Si es público, todos los miembros del grupo lo pueden leer, independientemente de quien sea el destinatario. Si el mensaje es privado, sólo el destinatario lo podrá leer, es más, solo al destinatario le aparecerá el encabezado del mensaje en la lista de encabezados. Además, se puede ver el tipo del mensaje, el destinatario, el remitente (incluso se muestra la fotografía del remitente), la fecha y hora y, sobre todo, el texto asociado al mensaje. El texto puede ser seleccionado para llevar al portapapeles, si el entorno lo permite, y posteriormente ser integrado en cualquier otra herramienta cuyas características lo permitan.
- **Criterios de clasificación de los mensajes recibidos:** Para hacer más sencilla la gestión y organización de los mensajes recibidos, es posible organizarlos y clasificarlos en base al tipo asociado al mensaje. Un mensaje puede ser de tres tipos: de comunicación, si su objetivo es intercambiar información en general; de coordinación, si su objetivo es coordinar de alguna forma el trabajo del grupo; y de sistema, si se refiere a algún tema relacionado con la utilización y funcionamiento del sistema. Para seleccionar el tipo de los mensajes que deseamos que nos muestre el sistema, elegiremos entre las alternativas que nos muestra la lista desplegable que aparece en la parte superior izquierda. Las alternativas entre las que podemos elegir son: *Todos*, que muestra todos los mensajes, *Comunicación*, *Coordinación* y *Sistema*.
- **Botones de acción para emisión de nuevos mensajes:** La herramienta dispone de algunos botones mediante los cuales se puede solicitar la realización de diversas acciones. La funcionalidad asociada al botón *Salir* es trivial, se abandona la herramienta y se vuelve a la ventana principal de DomoSim. Mediante el botón *Actualizar* se fuerza a la actualización de los contenidos y encabezados que se muestran en la lista correspondiente, ya que en cualquier momento se pueden recibir nuevos mensajes y es necesario tener presente que no se trabaja en tiempo real. El comportamiento de la herramienta es muy similar cuando se pulsa el botón *Nuevo* o el botón *Responder*, en ambos casos se procede a la redacción de un nuevo mensaje. Si lo que se pretende es escribir un mensaje de respuesta a otro anterior, será necesario seleccionar el anterior de la lista de encabezados y a continuación pulsar el botón *Responder* que provocará la apertura de un nuevo cuadro de diálogo para redactar el texto y determinar sus características. Si el objetivo pasa únicamente por la composición de un nuevo mensaje, independiente de cualquier otro redactado o recibido previamente, se pulsará el botón *Nuevo* y se desplegará la ventana de redacción.
- **La ventana de composición y redacción de mensajes:** La ventana de redacción o composición de un nuevo mensaje tiene un aspecto parecido a la anterior, pero ahora sus campos son modificables. Se puede redactar el asunto o encabezado del mensaje y se puede seleccionar, eligiéndolo de una lista de miembros del grupo, el destinatario del mensaje. Del mismo modo, se establece el tipo de mensaje y el tipo de acceso. Si el mensaje que se está redactando responde a otro anterior, aparece en el campo *Responde a:* la información que identifica al mensaje al que responde. En el campo *Texto* es donde se redacta el contenido textual del mensaje. Una vez finalizada la redacción, el mensaje será enviado pulsando el botón *Enviar*, si se quiere anular todo lo redactado se pulsará el botón *Cancelar*, en ambos casos se volverá a presentar la ventana principal de la herramienta de mensajería.



Chat

La herramienta de charla electrónica (*chat* o *IRC*) se presenta en un cuadro de diálogo donde se distinguen varias zonas que muestran la información relativa a una sesión de charla.



La zona superior izquierda presenta una lista de grupos en los que el usuario está inserto, es decir, los canales de conversación independientes que el usuario puede emplear. La zona de la derecha presenta la lista de participantes en el grupo o canal seleccionado, la etiqueta que identifica al grupo aparece justo sobre esta lista. La parte central de la herramienta es la constituida por la zona donde van apareciendo las contribuciones o comentarios que efectúan los participantes en la conversación. Finalmente, la zona inferior ofrece un campo donde componer los mensajes para enviar al resto de los participantes. Una vez compuesto el mensaje se puede pulsar el botón *Enviar* si se desea contribuir a la conversación con el mensaje escrito o, por el contrario, se puede pulsar el botón *Cancelar* si se desea anular lo escrito y comenzar un nuevo comentario.

Agenda de sesiones

El concepto de sesión se refiere al periodo de tiempo en el que es posible realizar una actividad de Diseño y Simulación, es decir, resolver un determinado problema.

Una sesión contiene los siguientes datos:

- **Actividad:** Código de la actividad para la que se define.
- **Fecha:** Día en que se efectuará la sesión de trabajo.
- **Hora inicial, Hora final:** Horas de comienzo y termino de la sesión de trabajo.
- **Descripción:** Texto descriptivo de la sesión.

El profesor, con ayuda de esta herramienta, define las sesiones de trabajo. Para ello dispone de los botones siguientes:


- **Insertar:** Inserta una sesión con la información que contienen los campos de la parte inferior.
- **Eliminar:** Elimina la sesión seleccionada en la tabla.
- **Limpiar:** Borrar el contenido de los campos.
- **Salir:** Abandona la herramienta.

Cuando los alumnos acceden al espacio de Diseño y Simulación se efectúa la comprobación de que para la actividad seleccionada exista una sesión de trabajo.

Gestión de Sesiones

Entorno de Aprendizaje **DOMOSIM-TPC** Grupo CHICO
Diseño Domótico **Gestión de Sesiones** UCLM

Actividad	Día	H. Inic.	H. Final	Descripción
100a	13/03/2001	11:00:00	14:00:00	Sesión formativa
100a	14/03/2001	10:00:00	12:30:00	Sesión de prácticas
101a	15/03/2001	16:00:00	17:30:00	Práctica 2

Actividad: 

Fecha:

Hora inicial:

Hora final:

Descripción:

Sesión insertada/a

7.6. Diseño

El espacio de trabajo en el que se efectúa el diseño de la solución, obteniendo un modelo, es el de Diseño y Simulación. En éste se cuenta con un Protocolo de Colaboración, que presenta cuatro subespacios de trabajo: Reparto de Tareas, Diseño, Parametrización y Simulación.

En cada subespacio los alumnos, fundamentalmente, y profesores, realizarán una colaboración síncrona encaminada a efectuar unas determinadas tareas, es decir, trabajarán en tiempo real. Los tipos de tareas son las propias del dominio, llamadas tareas de diseño, y las de colaboración, que engloban la comunicación para la discusión, la coordinación y la toma de decisiones. El subespacio al que se accede inicialmente es el de Diseño. Desde este primer subespacio los alumnos irán accediendo a los demás para, en un proceso de refinamiento, construir la solución al problema.

Antes de presentar los cuatro subespacios de trabajo se presentarán las herramientas de soporte, Chat Dirigido y Toma de Decisiones, se describirá el Protocolo de Colaboración, y se verán los Recursos Comunes y los diferentes Mensajes de Ayuda que se ofrecen en cada subespacio.

Herramientas de comunicación: chat dirigido

La colaboración requiere comunicación para intercambiar información relativa al dominio, coordinar acciones y alcanzar acuerdos. Por este motivo hemos optado por incorporar a las herramientas de diseño de un chat que hemos denominado dirigido porque, aunque permite la introducción de texto libre, ofrece un conjunto preestablecido de frases; éstas tendrán que completarse con texto por parte del usuario en unos casos y en otros no será necesario.

mredondo> Pienso que las cargas no aguantarán

Pienso que ...	Pienso lo mismo
¿Por qué ...?	No pienso así
Vamos bien	No sé
Veo un fallo en ...	Porque ...
He terminado	Decisión ...

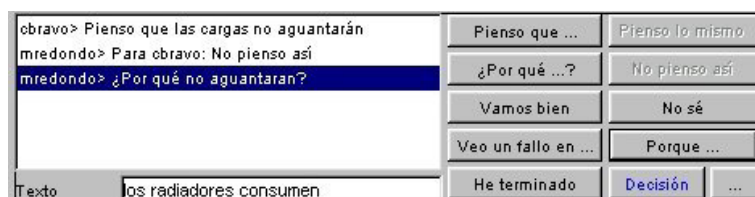
Los diferentes tipos de mensajes son los siguientes:

Mensaje	Papel en el diálogo	Contenido proposicional	Requiere texto
Pienso ...	Aserción	Inicial	Sí
Pienso así	Aserción	Reactiva	No
No pienso así	Aserción	Reactiva	No
¿Por qué?	Pregunta	Inicial	No
No sé	Respuesta	Reactiva	No
Por que ...	Respuesta	Reactiva	Sí
Vamos bien	Aserción	Inicial	No
Veo un fallo en ...	Aserción	Inicial	Sí
He terminado	Aserción	Inicial	No

Este Chat Dirigido está disponible en el Reparto de Tareas, en la Parametrización, en el Diseño y en la Simulación, con la diferencia de que en esta última los mensajes de *Vamos bien* y *He terminado* se han sustituido por los de *Mirad* y *Voy a*, que son del siguiente tipo:

Mensaje	Papel en el diálogo	Contenido proposicional	Requiere texto
Mirad ...	Aserción	Inicial	Sí
Voy a ...	Aserción	Inicial	Sí

Esta herramienta activa y desactiva los botones disponibles en función del estado en que se encuentra. Para responder a un usuario, si hay una única alternativa, la respuesta será directa con solo pulsar el botón correspondiente, pero si hay más de una alternativa (pregunta o aserción) habrá que seleccionar el mensaje al que se responde. En la figura siguiente están activados los botones de *No sé* y *Porque* para el usuario *mredondo* porque el usuario *cbravo* envió un mensaje de tipo *¿Por qué?*



El botón que permite la introducción de texto libre es el que contiene tres puntos. Tanto al pulsar este botón como aquellos que necesitan de un texto adicional aparecerá una caja de texto en la parte inferior en la que completar el texto; al pulsar la tecla *Enter* se enviará el mensaje.

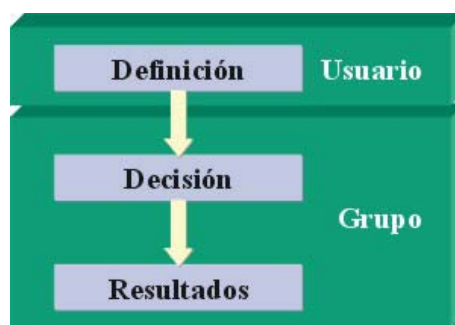
Dentro de este Chat Dirigido se encuentra el botón de Decisión, que permite invocar la herramienta de Toma de Decisiones, también llamada herramienta de Voto.

Herramienta de toma de decisiones

Esta herramienta permite a un miembro del grupo de trabajo proponer una pregunta con el fin de alcanzar una decisión sobre algún aspecto. Hay tres tipos de preguntas:

- las que tienen una respuesta afirmativa o negativa,
- las que tienen como respuesta un valor real,
- las que tienen una alternativa entre un conjunto de respuestas posibles.

Esto completa un proceso de Definición, Respuesta y Resultados.



La iniciativa de plantear la pregunta la puede tener cualquier alumno. Para ello invocará esta herramienta pulsando el botón Decisión que incluye la herramienta Chat Dirigido.

Una vez completada la definición, y pulsando el botón *Realizar*, a todos los alumnos del grupo se les mostrará una ventana para que respondan a la pregunta. El botón *Salir* permite abandonar el proceso.

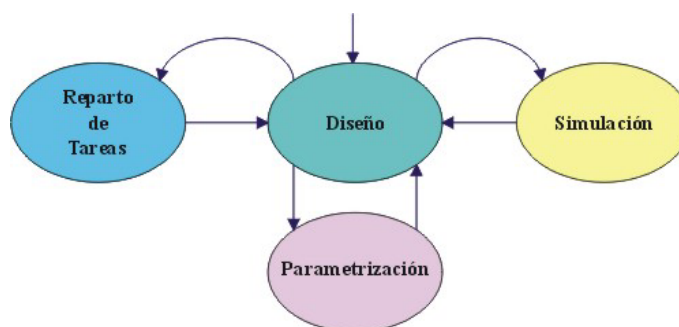
Para responder disponen de un tiempo determinado (ver Tiempo para Toma de Decisiones en Instalación y Configuración), superado el cuál su voto se considera una abstención. El voto supone pulsar los botones *Sí*, *No* o *Abstención* en las preguntas cuya respuesta es un sí o un no, escribir un valor numérico y pulsar *Votar* (o *Abstención*) en las preguntas cuya respuesta es un valor real, o seleccionar una alternativa y pulsar *Votar* (o *Abstención*) en las preguntas cuya respuesta es un valor entre un conjunto de valores. Cuando todos los alumnos han votado (o el tiempo se ha agotado) se informan los resultados a éstos mediante una nueva ventana.

Esta ventana se cerrará al pulsar *Aceptar*.

Es precisamente la funcionalidad de proponer preguntas con respuesta sí o no la que permite la sincronización en el desplazamiento a través de los subespacios de trabajo; cualquier alumno puede proponer la realización del primer o de un nuevo reparto, la parametrización del escenario, o realizar la simulación, y esto se producirá si todo el grupo está de acuerdo.

Protocolo de colaboración

El protocolo de colaboración se utiliza para coordinar las diferentes actividades a desarrollar dentro de la sesión de trabajo. Presenta cuatro subespacios de trabajo: Reparto de Tareas, Diseño, Parametrización y Simulación.



Inicialmente se accede al subespacio de Diseño, y desde éste los alumnos irán accediendo a los demás para, en un proceso de refinamiento, construir la solución al problema. Por ejemplo, antes de comenzar a diseñar el modelo, lo normal es que los alumnos se repartan las tareas a efectuar, accediendo a este subespacio; después, mientras diseñan el modelo, en algún momento deben parametrizar las variables del problema y regresar al diseño; finalmente, se simulará el modelo desde el subespacio correspondiente. Después de simular podrá ser necesario realizar ajustes o correcciones al modelo construido, reorganizar la asignación de tareas o parametrizar algún valor de nuevo, así hasta conseguir la solución definitiva.

Recursos comunes en los subespacios

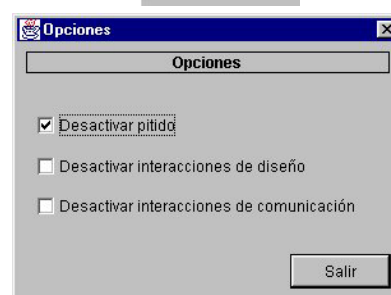
En los diferentes subespacios de trabajo se dispone de los siguientes recursos:

- Identificación del alumno y de la actividad que se desarrolla.

- Panel de Sesión: Contiene una lista de los participantes en la sesión de trabajo con su foto y su nombre en diferente color; este color se corresponde con el color del puntero en el subespacio de Diseño. El Panel de Sesión se muestra horizontalmente en el subespacio de Parametrización.



- Botón *Opciones* para cambiar:
 - Si se escucha un pitido al producirse una interacción colaborativa.
 - Si se muestra un mensaje al producirse una interacción de diseño (de trabajo en algún subespacio en general) en la lista correspondiente.
 - Si se muestra un mensaje al producirse una interacción de comunicación (generalmente con el Chat Dirigido) en la lista correspondiente.



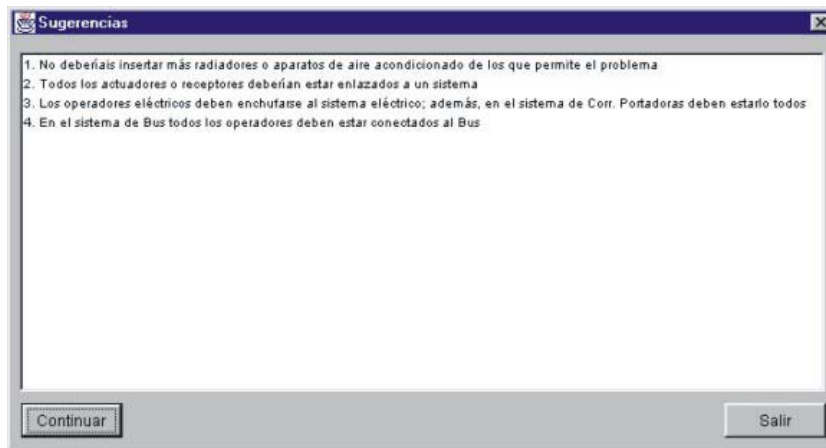
Mensajes de ayuda en los subespacios

En la siguiente tabla se recogen los diferentes mensajes de ayuda que se ofrecen a los alumnos en la realización de las diferentes tareas. Estos mensajes se muestran, en el caso del Reparto de Tareas y la Parametrización, al regresar de éstos al Diseño, y en el caso del Diseño al pasar de éste a la Simulación.

En la tabla se recoge el mensaje de ayuda, el subespacio en el que se muestra y el nivel de ayuda para el que se muestra: bajo (B), medio (M) o alto (A); este nivel se define en la actividad.

Subespacio	Nivel de Ayuda	Mensaje
Reparto de Tareas	A, M	Deberíais asignar todas las tareas de manera que no quede ninguna sin asignar
Parametros	A	Deberíais asignar a cada enchufe una línea válida, y a cada una de éstas una potencia positiva
Diseño	A, M	Deberíais utilizar el sistema de domotización que exige el problema
Diseño	A	Deberíais insertar una única UCP y esto solamente en el sistema de Controlador Programable
Diseño	A	Deberíais insertar un único sistema del mismo tipo por habitación; con sólo uno se puede efectuar la regulación de la habitación
Diseño	A, M, B	No deberíais insertar más radiadores o aparatos de aire acondicionado de los que permite el problema
Diseño	A, M, B	Deberíais insertar todos los electrodomésticos exigidos por el problema
Diseño	A, M	Todos los actuadores o receptores deberían estar enlazados a un sistema
Diseño	A	Los operadores eléctricos deben enchufarse al sistema eléctrico; además, en el sistema de Corr. Portadoras deben estarlo todos
Diseño	A	En el sistema de Bus todos los operadores deben estar conectados al Bus
Diseño	A	En el sistema de Controlador Programable todos los operadores deben estar conectados a la UCP
Diseño	A, M	En el sistema de Corrientes Portadoras todos los operadores regulados deberían ser digitales

Un ejemplo de ventana con estos mensajes de ayuda aparece a continuación.



El botón *Salir* permite regresar al subespacio y, por tanto, cancelar la salida solicitada, normalmente para seguir las sugerencias y corregir los problemas. El botón *Continuar* continúa con el abandono del subespacio.

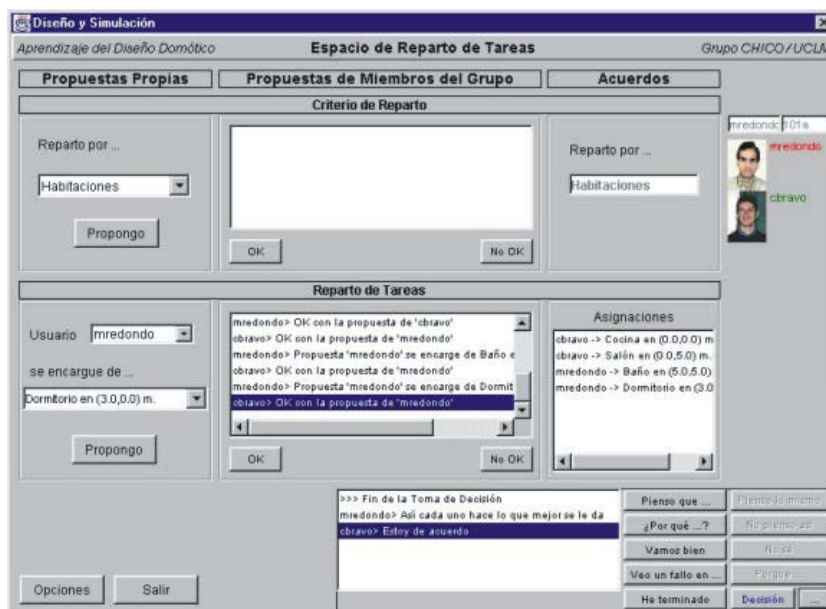
Reparto de tareas

Los alumnos deben decidir cómo reparten las tareas de diseño que cada uno debe llevar a cabo. Estas tareas son las que se efectúan sobre el plano de la vivienda.

El reparto tiene dos etapas:

- La elección del criterio de reparto.
- La asignación de tareas de acuerdo con el criterio de reparto elegido.

La primera se realiza en la parte superior de la pantalla (*Criterio de Reparto*) y la segunda en la parte inferior (*Reparto de Tareas*). Por otro lado, las propuestas se efectúan en la parte izquierda (*Propuestas Propias*), en la parte central aparecen las propuestas de los otros miembros del grupo y es donde se pueden manifestar acuerdos o desacuerdos (*Propuestas de Miembros del Grupo*), y en la parte derecha se recogen los acuerdos alcanzados (*Acuerdos*).



Los criterios posibles de reparto son:

- Por habitaciones del plano: De esta manera un alumno sólo podrá trabajar sobre las habitaciones asignadas.
- Por áreas de gestión: De esta manera un alumno sólo podrá trabajar con operadores del área asignada.
- Por tareas: Las tareas que se pueden asignar a cada usuario son:
 - Edición: Es la inserción, movimiento y eliminación de operadores y enlaces.

- Enlace: Es la relación de operadores entre sí (operadores y receptores con los sistemas), el enlace de éstos a electricidad, el enlace de éstos con una UCP, el trazado de líneas de bus, y el enlace de operadores con las líneas de bus.
- Parametrización: Consiste en dar valor a las propiedades de los operadores.
- **Sin criterio:** No efectúa asignación de tareas, permitiendo a los alumnos un trabajo libre.

Para realizar una propuesta de criterio de reparto debe elegirse el criterio en la lista de selección *Reparto por ...* y pulsar el botón *Propongo*. Para realizar una propuesta de asignación deben seleccionarse *Usuario* y *tarea (se encarga de ...)* y pulsar el botón *Propongo*.

Para manifestar un desacuerdo debe seleccionarse en la lista de la parte central la línea correspondiente a la persona que expresó la propuesta y pulsar el botón *OK* (acuerdo) o *No OK* (desacuerdo). En estas líneas aparece en primer lugar el nombre de la persona que la emite, después un símbolo > y finalmente el texto de la propuesta.

Cuando se alcanza acuerdo sobre el criterio éste se muestra en el campo correspondiente (*Reparto por ...*). Cuando se alcanza acuerdo sobre una asignación particular, ésta se visualiza en la lista de *Asignaciones*. Si una tarea ya estaba asignada a un usuario y es reasignada a otro diferente, la primera asignación desaparece; por lo tanto, una tarea sólo puede ser efectuada por un alumno.

Es posible dejar tareas sin asignar. Si esto sucede estas tareas no podrán realizarse en el diseño; no obstante, cuando un alumno pulsa el botón *Salir*, el entorno informa de este detalle según el nivel de ayuda de la actividad (ver Mensajes de Error).

El reparto de tareas permitiría, por ejemplo, con las adecuadas asignaciones, que sólo un alumno (o profesor) efectuase todas las tareas, haciendo así de tutor del resto de alumnos del grupo.

Las diferentes interacciones son mostradas en las listas centrales.

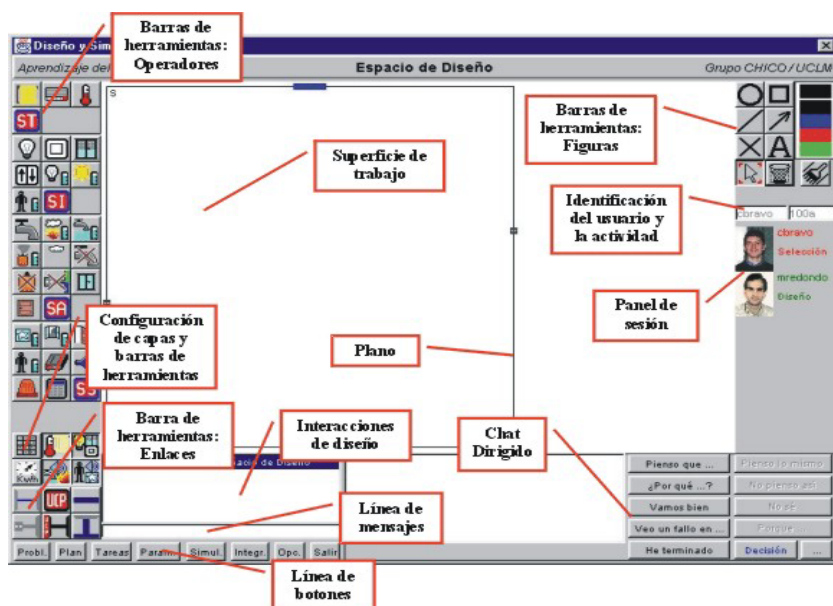
Este subespacio, como todos los del espacio de Diseño y Simulación, contiene la identificación del usuario y de la actividad, el Panel de Sesión, el botón Opciones (ver Recursos Comunes) y el Chat Dirigido.

El botón *Salir* permite abandonar el reparto, pero para ello todos los miembros del grupo tienen que estar de acuerdo, lo que manifestarán utilizando la herramienta de Toma de Decisiones respondiendo a la pregunta "¿Finalizamos?".

Diseño del modelo










Partes de la pantalla



Este es el subespacio al que se accede inicialmente. Desde él los alumnos irán desplazándose a los demás subespacios. Las operaciones que pueden efectuar son las de edición (inserción, eliminación y movimiento de operadores, enlaces y figuras), de enlace entre operadores y de parametrización de operadores. La representación de estas tareas se realiza con la metáfora de la manipulación directa.



Las diferentes zonas de la pantalla son:

- **Superficie de trabajo:** Es la pizarra blanca sobre la que se realiza el diseño, que recoge el plano de la vivienda y los operadores insertados. Sobre esta pizarra se muestran los telepunteros de los restantes usuarios, de los que se hablará más adelante.
- **Plano:** Es la representación del plano sobre el que queda definido el problema. Las habitaciones se presentan como rectángulos con borde negro, las ventanas son de color azul, las puertas de color marrón, y los enchufes son pequeños cuadros grises con puntos blancos. Cada habitación tiene la inicial de su tipo en la parte superior izquierda.
- **Barras de herramientas - Operadores:** Recoge los posibles operadores a insertar en el plano de la vivienda. Éstos están agrupados por Áreas de Gestión.
- **Barras de herramientas - Figuras:** Recoge las diferentes figuras gráficas que se pueden dibujar, para señalar, separar, tachar, marcar zonas, escribir textos, etc. Una vez seleccionada la figura se podrá dibujar pulsando sobre la superficie de trabajo y arrastrando. Éstas son:

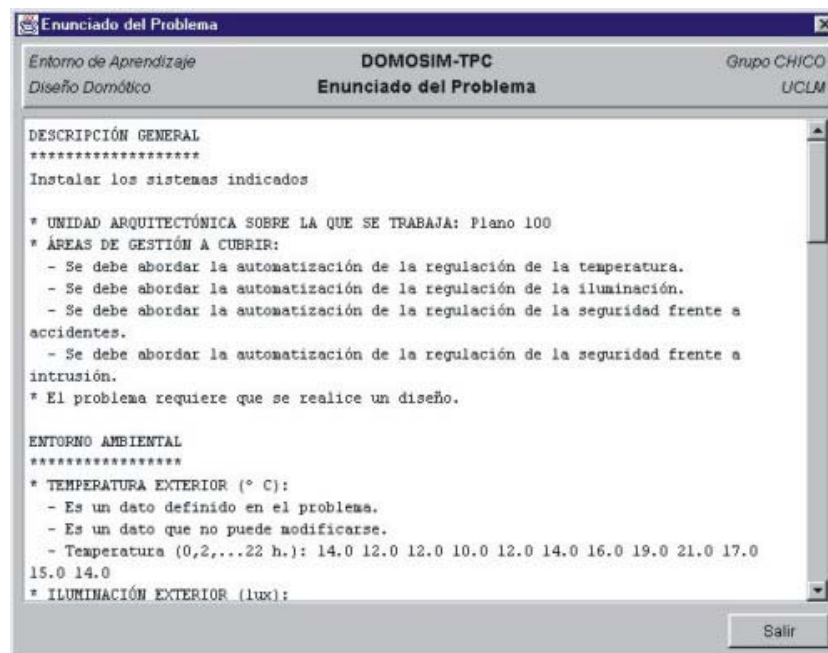
-  Dibujo de un círculo.
-  Dibujo de un rectángulo.
-  Dibujo de una línea.
-  Dibujo de una flecha.
-  Dibujo de una cruz.
-  Dibujo de texto.
-  Selección de figuras, operadores y cualquier tipo de enlaces.
-  Elimina el objeto seleccionado.
-  Refresca redibujando la superficie de trabajo.
- También se dispone de un panel que permite cambiar el color de la figura: negro, azul, rojo y verde.

- **Configuración de capas** () y **barras de herramientas** (): Al pulsar este botón se pueden elegir las capas activas, esto es, las Áreas de Gestión que se mostrarán/ocultarán, y las barras de herramientas que se mostrarán/ocultarán, ya que todas no caben simultáneamente.
- **Barra de herramientas - Enlaces:** Permite efectuar un enlace según los diferentes tipos de sistemas. Generalmente los enlaces requieren de una pulsación o clic sobre el operador origen y una pulsación o clic sobre el operador destino. El enlace eléctrico, en el que hay que pulsar sobre un enchufe, la inserción de una UCP, que se trata como un operador, y el dibujo de la línea de bus, en la que se marca el inicio y el final, son una excepción a esta regla.
- **Interacciones de diseño:** Es la zona en la que se muestran las diferentes interacciones realizadas por los alumnos del grupo de trabajo en forma de mensajes.
- **Línea de mensajes:** En ella se muestran mensajes, generalmente de error.
- **Línea de botones.**
- **Chat Dirigido.**
- **Identificación del usuario y de la actividad y el Panel de Sesión** (ver Recursos Comunes): Destaca en este subespacio el mantenimiento del estado de cada alumno participante en la sesión de trabajo con el mismo color que su nombre y su puntero. Los estados que se mantienen son:
 - Editando.
 - Parametrizando.
 - Seleccionando.
 - Enlazando.
 - Simulando.
 - Diseñando.
 - Dibujando.
 - Comunicando.

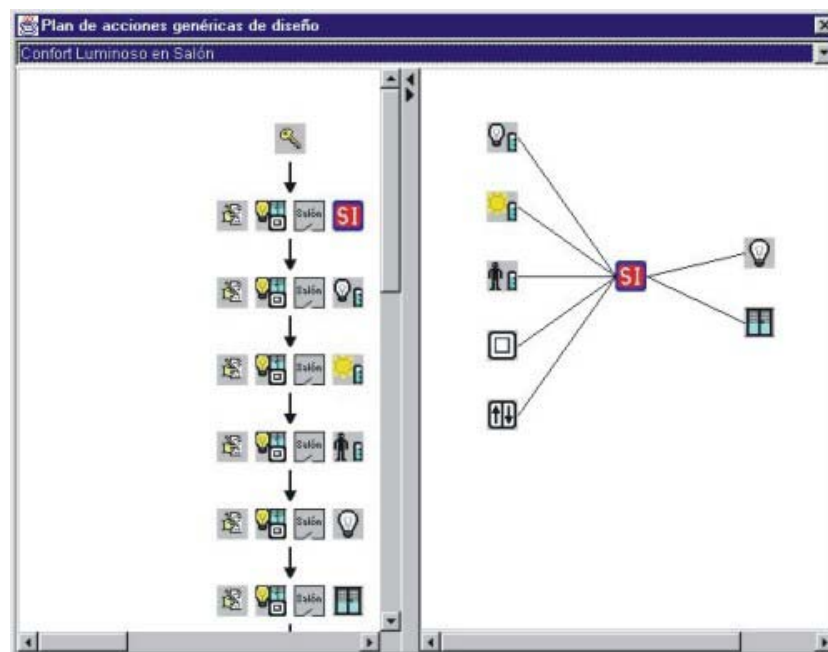
Línea de botones

Los diferentes botones que se pueden pulsar son:

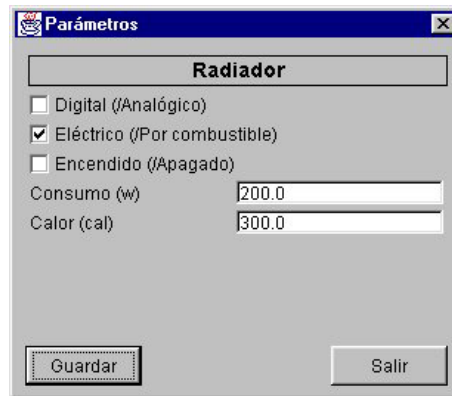
- **Probl.:** Permite mostrar el enunciado del problema. Es una posibilidad útil para que los alumnos conozcan las características y requerimientos de éste.



- **Plan:** Permite mostrar el plan de diseño trazado, representado de manera gráfica, como guía para el diseño.



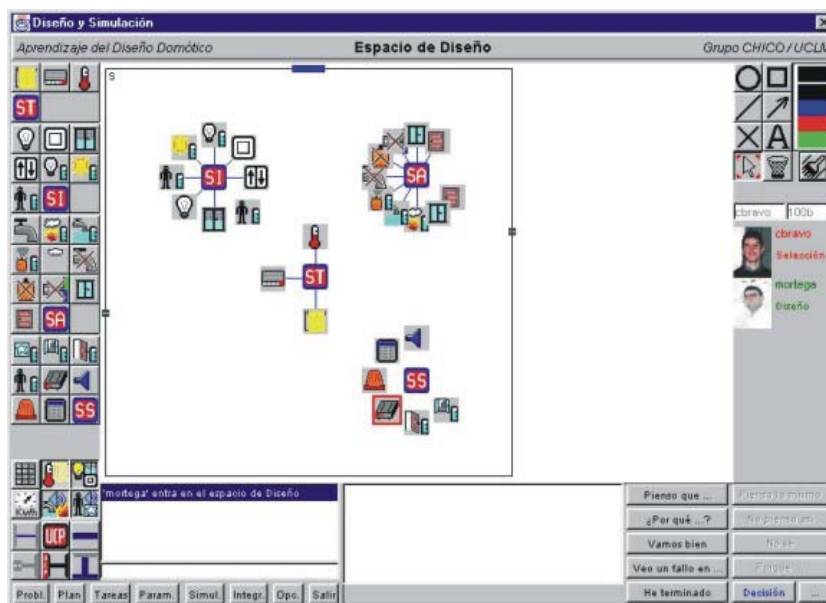
- **Tareas, Param., Simul.:** Permiten acceder a los subespacios de Reparto de Tareas, Parametrización y Simulación respectivamente. Antes de acceder, si en la sesión hay más de un usuario, todos los miembros del grupo tienen que estar de acuerdo, y deben manifestarlo utilizando la herramienta de Toma de Decisiones respondiendo a la pregunta "¿Repartimos Tareas?", "¿Parametrizamos la Vivienda y el Entorno?" y "¿Simulamos?" respectivamente. Si al pulsar el botón Param. hay un operador seleccionado no se accederá al subespacio de parametrización, sino que se abrirá una ventana para modificar las propiedades del operador.



- **Integr.:** Es el botón de integración del reparto.
- El botón **Salir** permite abandonar el diseño, pero para ello todos los miembros del grupo tienen que estar de acuerdo, lo que manifestarán utilizando la herramienta de Toma de Decisiones respondiendo a la pregunta "¿Finalizamos?".

Diseño inicial

Al acceder al diseño por primera vez los alumnos encontrarán un diseño inicial efectuado por el sistema. Este diseño procede del plan abstracto de diseño consensuado por los miembros del grupo, que será el punto de partida para construir el modelo que supone la solución al problema.



Este diseño es construido por el sistema colocando cada área de gestión en una parte específica de la habitación. En el centro de este área se sitúa el sistema regulador y alrededor de éste los diferentes actuadores y operadores.

Colaboración

En el diseño colaborativo del modelo los alumnos perciben las interacciones de los compañeros de diferentes maneras complementarias:

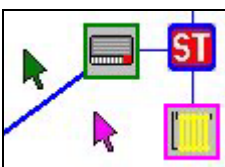
- Un puntero para cada alumno, que es dibujado sobre la pizarra, indica dónde se encuentran actuando los miembros de la sesión. Cada puntero se dibuja con el color asociado a cada alumno que se muestra en el Panel de Sesión.



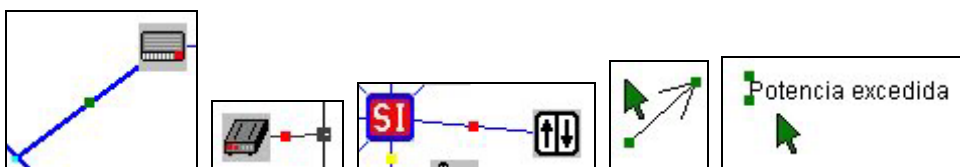
- En el Panel de Sesión queda recogido también el estado o situación de cada alumno. Por ejemplo puede aparecer que un alumno se encuentra enlazando operadores, otro está seleccionando un objeto, etc.



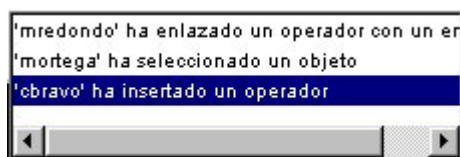
- Cada vez que un elemento es insertado, una figura es dibujada, etc., o cuando algún objeto es movido a otra posición, este cambio es inmediatamente reflejado en el espacio de trabajo.
- Las selecciones de objetos efectuadas sobre la superficie de trabajo son mostradas con un dibujo en el color correspondiente a cada alumno:
 - Para la selección de un operador éste queda rodeado por un cuadrado.



- Para la selección de otro objeto (figuras y enlaces) se dibujan puntos alrededor o sobre los objetos.

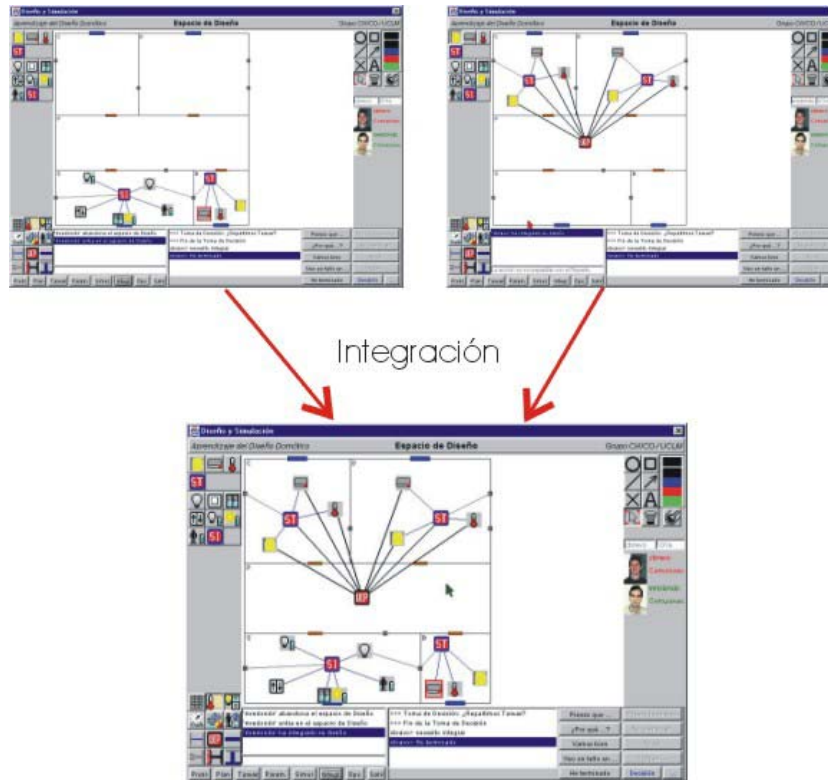


- En general, todas las interacciones son reflejadas mediante un mensaje de texto en la Lista de Interacciones de Diseño.



Integración del Reparto

Cuando la actividad es del tipo *Diseño individual no visible para el grupo (integración posterior)*, una vez que se reparten las tareas y se regresa al Diseño, los alumnos trabajarán individualmente, no viendo el diseño del resto de compañeros hasta que se integren las soluciones individuales mediante el botón *Integr.* Cuando todos los alumnos han efectuado la integración podrán ver en su superficie de trabajo el diseño conjunto (integrado) de todos ellos. Esta posibilidad permite el trabajo individual y la posterior integración para que no haya demasiadas distracciones debido al número de interacciones en un trabajo conjunto, pudiéndose abrir un turno de discusión, tutoría, refinamiento, etc., una vez se ha integrado.







Si tras cinco minutos no han pulsado todos los alumnos del grupo el botón de integración, el sistema integrará las soluciones automáticamente.





Operadores y sus propiedades

Los operadores y sus propiedades se relacionan a continuación agrupados por Áreas de Gestión. Al final se muestran algunas restricciones de edición de operadores.




Los operadores no digitales son analógicos.

Confort luminoso:






-  Sensor de iluminación interior.
 - Digital (sí/no).
-  Sensor de iluminación exterior.
 - Digital (sí/no).
-  Sensor de presencia.
 - Digital (sí/no).
-  Persiana.
 - Digital (sí/no).
 - Estado (0:súbida, ..., 4:bajada).












-  Pulsador manual para la persiana.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
-  Bombilla.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
 - Iluminación, lum (número real).
-  Interruptor manual para la bombilla.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
-  Sistema de regulación y control de la iluminación.
 - Digital (sí/no).
 - Iluminación, lux (número real).
 - Margen de histéresis, % (número real).
 - Consumo, w (número real).

Confort térmico:













-  Sensor de temperatura.
 - Digital (sí/no).
-  Equipo de calefacción.
 - Digital (sí/no).
 - Eléctrico/Combustible (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
 - Calor, cal (número real).
-  Equipo de aire acondicionado.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
 - Frío, frig (número real).
-  Sistema de regulación y control de la temperatura.
 - Digital (sí/no).
 - Temperatura deseada, °C (número real).
 - Margen de histéresis, % (número real).
 - Consumo, w (número real).

Seguridad frente a accidentes:







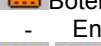

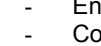


-  Grifo.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Sensor de humos.
 - Digital (sí/no).
-  Sensor de agua.
 - Digital (sí/no).
-  Sensor de gas.
 - Digital (sí/no).
-  Duchas apaga-incendios.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).

-  /  Cierre agua.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  /  Cierre gas.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  /  Cierre electricidad.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  /  Apertura de ventana.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  /  Apertura de puerta.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Sistema de regulación y control de la seguridad ante accidentes.
 - Digital (sí/no).
 - Consumo, w (número real).

Seguridad frente a intrusión:

-  Sensor de rotura de cristales.
 - Digital (sí/no).
-  Sensor de apertura de ventana.
 - Digital (sí/no).
-  Sensor de apertura de puerta principal.
 - Digital (sí/no).
-  Sensor de presencia.
 - Digital (sí/no).
-  /  Modem.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  /  Señal acústica.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  /  Señal luminosa.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Control de acceso en puerta principal.
 - Digital (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Sistema de regulación y control de la seguridad ante intrusión.
 - Digital (sí/no).
 - Consumo, w (número real).

Control energético:

-  Televisión.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Ordenador.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Cadena de música.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Vídeo.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Cocina.
 - Eléctrica/Gas (sí/no).
 - Gas ciudad/Botella (sí/no).
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Botella de butano.
 - Encendido (sí/no).
-  Horno.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Microondas.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Frigorífico.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Lavavajillas.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).
-  Lavadora.
 - Encendido (sí/no).
 - Consumo, w (número real).

Las restricciones de edición son:

- La persiana debe ser insertada sobre una ventana y no podrá moverse a una nueva posición en el plano.
- El sensor de iluminación exterior debe ser insertado sobre una ventana y no podrá moverse a una nueva posición en el plano.
- El sensor de rotura de cristales debe ser insertado sobre una ventana y no podrá moverse a una nueva posición en el plano.
- El sensor de apertura de ventana debe ser insertado sobre una ventana y no podrá moverse a una nueva posición en el plano.
- El sensor de apertura de puerta principal debe ser insertado sobre una puerta exterior y no podrá moverse a una nueva posición en el plano.

Mensajes de error

Los diferentes mensajes de error que pueden aparecer en la línea de mensajes son:

Los operadores no se pueden enlazar
El enlace es incompatible
Los objetos no se pueden enlazar
El enlace ya está definido
La acción es incompatible con el Reparto
La persiana debe situarse en una ventana
El sensor de luz exterior debe situarse en una ventana
El operador no está dentro de una habitación
En esa posición ya existe un operador
El bus debe ser continuo
Objeto seleccionado por otro usuario

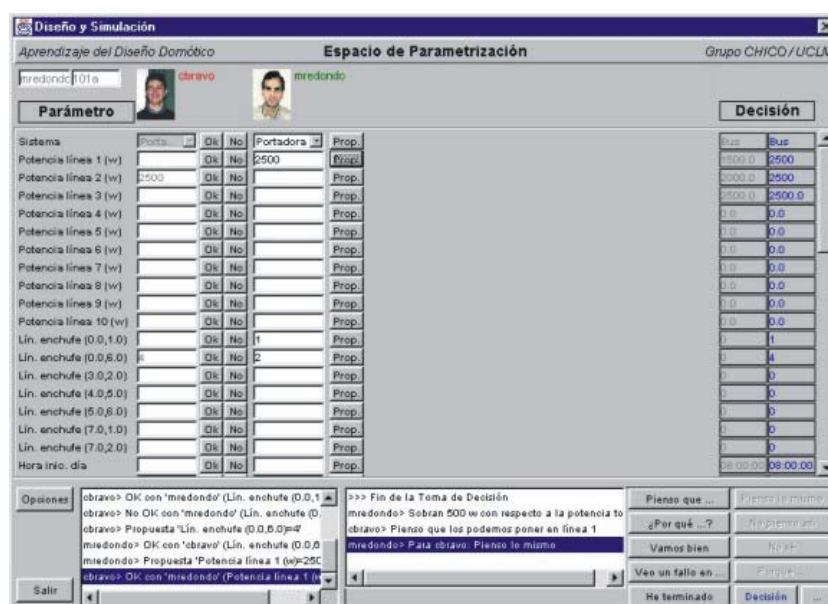
Los diferentes mensajes que se pueden mostrar mediante cuadros de diálogo son:

No hay definida ninguna Sesión de Diseño
El usuario XXX ya está conectado

Parametrización de variables

Mediante un proceso de propuestas, y de acuerdo a dos posibles modelos de diálogo, los alumnos dan valores consensuados a las diferentes variables del escenario, mediante un proceso de discusión sincrónica basada en propuestas.

Estas variables son relativas a la vivienda, al entorno, etc., de acuerdo a las especificaciones del problema. No todos los parámetros se pueden modificar, sólo aquellos que hayan sido marcados en el problema como modificables.



La lista completa de parámetros es la siguiente:

- **Sistema:** Sistema domótico.
- **Potencia línea 1 ... 10:** Potencia en vatios asignada a la línea.
- **Lín. enchufe:** Línea de potencia a la que se asigna el enchufe.
- **Hora inic. día, Hora inic. noche, Hora inic. sim.:** Horas de inicio del día, de la noche y de la simulación respectivamente.
- **Estación:** Primavera, verano, otoño e invierno.
- **Pot. energética:** Potencia energética total asignada a la vivienda, expresada en vatios.
- **Calor radiadores:** Se mide en calorías; es la cantidad de calor que entregan los radiadores.
- **Frío aires acond.:** Se mide en frigorías; es la cantidad de frío que generan los aparatos de aire acondicionado.

- **Pot. radiadores, Pot. aires acond., Pot. electrodom., Cons. bombillas, Cons. sistemas:** Se mide en vatios; es el consumo de electricidad que tiene el elemento.
- **Temp. ext. 0 h. ... 22 h.:** Se mide en grados centígrados; es la temperatura que habrá en el exterior de la vivienda o edificio durante la simulación.
- **Ilum. ext. 0 h. ... 22 h.:** Se mide en lux; es la iluminación que habrá en el exterior de la vivienda o edificio durante la simulación.

Esta lista de parámetros se encuentra bajo el título *Parámetro* en la pantalla de este subespacio. Debajo de la foto de cada alumno se encuentra una columna de datos y diferentes botones. En la columna correspondiente al propio alumno se encuentra el botón *Prop.* con el que realizar propuestas. En la columna de *Decisión* el valor de la izquierda es el valor inicial del parámetro, que es el que tiene al acceder a este subespacio; el valor de la derecha es el valor final o actual, es decir, el que se ha acordado.

Los modelos de diálogo posibles son: Democrático y Basado en Propuestas.

- En el modelo Democrático el valor final se alcanza democráticamente, es decir, se toma la media en los parámetros numéricos y la moda en el resto de parámetros. Ambos estadísticos se calculan sobre el conjunto de las propuestas, no considerándose los alumnos que no hayan efectuado ninguna. En el caso de la moda, cuando haya empate se tomará el valor del alumno situado más a la izquierda en el Panel de Sesión.



- En el modelo Basado en Propuestas cada alumno debe mostrar su acuerdo o desacuerdo con las propuestas de los demás, tomando como decisión el valor que ha alcanzado el consenso, es decir, aquel valor con el que ningún alumno ha manifestado su desacuerdo.



Las diferentes interacciones son mostradas en una lista en la parte inferior izquierda.

Este subespacio, como todos los del espacio de Diseño y Simulación, contiene la identificación del usuario y de la actividad, el Panel de Sesión, el botón Opciones (ver Recursos Comunes) y el Chat Dirigido.

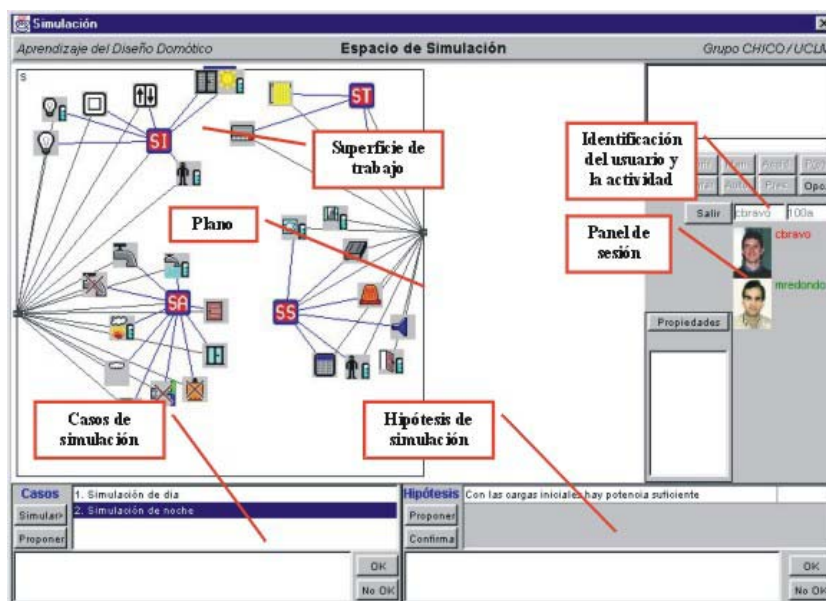
El botón Salir permite abandonar la parametrización, pero para ello todos los miembros del grupo tienen que estar de acuerdo, lo que manifestarán utilizando la herramienta de Toma de Decisiones respondiendo a la pregunta "¿Finalizamos?".

Simulación del modelo

Casos e Hipótesis

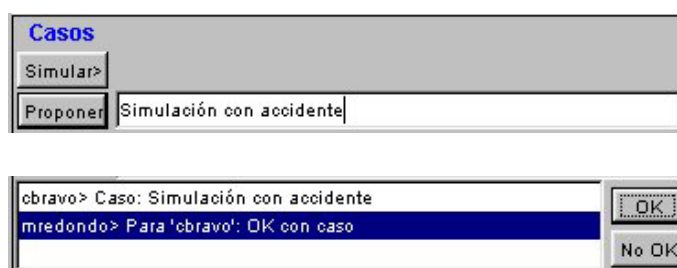
La ventana de simulación es similar a la del subespacio de Diseño, pero se prescinde de las barras de herramientas, que no se necesitan, y se incluyen zonas para la intervención del alumno antes y durante la simulación.

La simulación no comienza directamente al acceder a este subespacio. Primero se seleccionará el caso a simular y se discutirán las diferentes hipótesis.

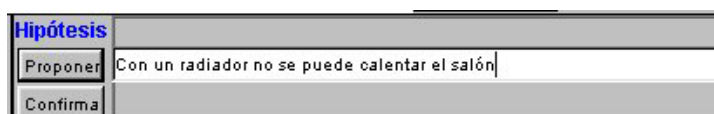


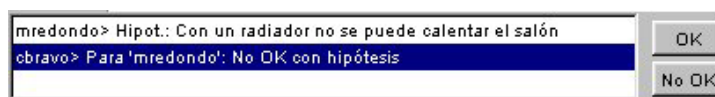
Las diferentes zonas de la pantalla inicial son:

- **Superficie de trabajo:** Es la pizarra blanca en la que se visualiza el modelo diseñado, que recoge el plano de la vivienda y los operadores.
- **Plano:** Es la representación del plano sobre el que queda definido el problema.
- **Identificación del usuario y de la actividad y el Panel de Sesión** (ver Recursos Comunes).
- **Elección y propuesta de casos de simulación:** En esta zona aparecen reflejados los casos de simulación que adjunta el problema y los propuestos por los alumnos. Para proponer que comience la simulación de un determinado caso, el alumno que propone lo seleccionará y pulsará el botón *Simular*. Los alumnos pulsarán *OK* o *No OK* para manifestar su acuerdo o desacuerdo con la propuesta. Si todos los alumnos están de acuerdo comenzará la simulación. Para aquellos alumnos que no voten en un tiempo determinado (ver *Tiempo para Toma de Decisiones* en Instalación y Configuración) se considerará que se han abstenido. Es posible proponer casos nuevos de simulación con la tecla *Proponer*. Al pulsarla se muestra una línea de texto donde dar un nombre para el nuevo caso, y al pulsar *Enter* esta propuesta es enviada a todos los alumnos del grupo para que se muestren de acuerdo o no con los habituales botones de *OK* y *No OK*.



- **Planteamiento y verificación de hipótesis de simulación:** Se han incorporado hipótesis de simulación porque son el mecanismo adecuado para favorecer la comprensión de los mecanismos que gobiernan la simulación. En esta zona se recogen las diferentes hipótesis que incorpora el problema y las propuestas por los alumnos. Para proponer una nueva hipótesis se utiliza la tecla *Proponer*. Una vez completado el nombre de la hipótesis y pulsado *Enter*, los restantes alumnos del grupo manifiestan su acuerdo o desacuerdo como en los casos de simulación. Con el botón *Confirma* puede proponerse la verificación o no de una hipótesis y ser aceptada ésta de la manera acostumbrada.

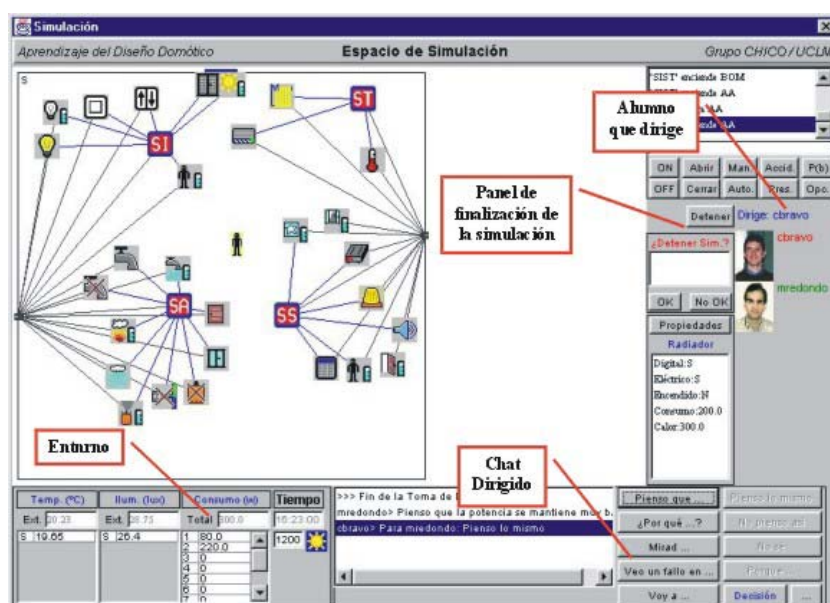




El botón *Salir* permite abandonar el subespacio de simulación, pero para ello todos los miembros del grupo tienen que estar de acuerdo, lo que manifestarán utilizando la herramienta de Toma de Decisiones respondiendo a la pregunta "¿Abandonamos la Simulación?".

Comienzo, pausa y detención

Una vez se ha llegado al consenso a la hora de simular un determinado caso la simulación comienza. Los paneles de Casos de Simulación e Hipótesis desaparecen y en su lugar se muestran los paneles de Entorno y Chat Dirigido.



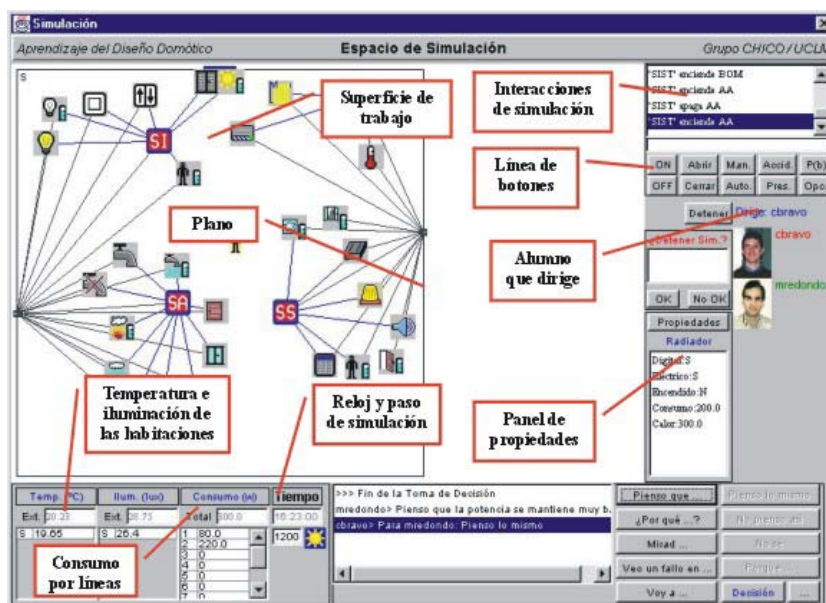
Al comenzar la simulación el tiempo comienza a contar. El alumno que propuso el caso que se simula es el que dirige las intervenciones. Pero cualquier alumno puede intervenir mediante el Chat Dirigido y puede proponer la finalización de la simulación con el botón *Detener*. Como siempre, ante la propuesta de finalización de un alumno, el resto recibe un mensaje en el Panel de Finalización y manifestará su acuerdo con esta propuesta. Al terminar la simulación desaparecerán los paneles de Entorno y Chat Dirigido y volverán a aparecer los de Casos de Simulación e Hipótesis.

Cuando uno de los miembros de la sesión de simulación es profesor, dispondrá del botón *Pausa*, con el que detener momentáneamente la simulación, por ejemplo, para proponer una pregunta, una reflexión, etc., y continuar después con la simulación.



Colaboración

Como se ha comentado, durante la simulación el alumno que dirige ésta y el resto de miembros del grupo pueden interactuar utilizando el Chat Dirigido mientras observan el funcionamiento del modelo. El modelo es mostrado en la zona de trabajo con la misma representación que en el subespacio de diseño.



Las diferentes zonas de la pantalla, en la que se muestran datos al ir progresando la simulación, son las siguientes:

- **Superficie de trabajo (pizarra blanca):** Los operadores cambian de aspecto al encenderse o apagarse.
- **Interacciones de simulación:** Los diferentes eventos producidos por los alumnos o por el sistema (interacciones producidas por el entorno y por los operadores reguladores automáticos) son mostrados en esta zona.
- **Panel de Entorno:** Muestra diversos datos en columnas.
 - Temperatura interior de las habitaciones.
 - Iluminación interior de las habitaciones.
 - Consumo de las líneas de carga.
 - Tiempo de simulación.
 - Paso de simulación: Es el número de segundos que transcurren del tiempo simulado en cada paso de simulación. Los pasos se producen a intervalos de un segundo de tiempo real. Para cambiar este valor se tecleará el nuevo dato y se pulsará *Enter*.
- **Panel de Propiedades:** En él aparecen las propiedades y nombre de los operadores seleccionados. Para ello se pulsará el botón *Propiedades* y posteriormente se pulsará sobre un operador.
- **Líneas de botones.**
- **Chat Dirigido.**

Línea de botones

La línea de botones ofrece al alumno que dirige la simulación la posibilidad de introducir eventos que alteren el comportamiento automático de los sistemas simulados, con el fin, entre otras cosas, de comprobar si se producen las adecuadas respuestas.

Los botones que dan lugar a las diferentes acciones sobre el modelo son:

- **ON:** Enciende el operador sobre el que se pulse posteriormente.
- **OFF:** Apaga el operador sobre el que se pulse posteriormente.

Encendido:  Apagado: 

- **Abrir:** Abre la puerta sobre la que se pulse posteriormente.
- **Cerrar:** Cierra la puerta sobre la que se pulse posteriormente.



- **Man.:** Establece el modo de regulación del operador sobre el que se pulse posteriormente como manual, de manera que los sistemas no lo puedan regular. Este modo se indica con una M de color azul en la esquina superior izquierda del operador.





- **Auto.:** Establece el modo de regulación del operador sobre el que se pulse posteriormente como automático, de manera que sea regulado por el sistema. Esto hace que desaparezca la M anterior.
- **Accid.:** Rompe el enlace sobre el que se pulse posteriormente, del tipo que sea, provocando que no realice su función. Esto se denota con una cruz roja. Cuando la potencia consumida exceda del máximo contratado (por líneas o el total de la vivienda) se dibujará una flecha similar a la anterior en todos los enlaces eléctricos, pero de color rosa, significando que no circula corriente eléctrica por ese cable. Al utilizar de nuevo este botón en un enlace roto, éste es arreglado.



- **Pres.:** Simula la presencia humana en una habitación, para lo que habrá que pulsar con el ratón sobre una de ellas. Al utilizar de nuevo este botón sobre una habitación, la presencia desaparece. La presencia se representa con la imagen de una persona en color negro sobre amarillo.



- **P(x):** Levanta/baja una persiana de la siguiente manera: P(b) () bajada; P(cb): casi bajada; P(m): posición media; P(cs): casi subida; P(s): subida (). Cada uno de estos estados se obtiene pulsando sucesivas veces sobre el botón.
- **Opc.:** Es el botón de personalización de algunas opciones (ver Recursos Comunes).

Entorno

El entorno es un elemento que simula las condiciones medioambientales y valores físicos de la vivienda y del exterior. Durante la simulación calcula las siguientes variables:

- **Temperatura exterior:** Detalles sobre su cálculo están descritos en el apartado de Gestión de problemas.
- **Iluminación exterior:** Detalles sobre su cálculo se describen en el apartado de Gestión de problemas.
- **Temperatura interior:** A partir del número de radiadores y aparatos de aire acondicionado, en función del calor (calorías) y frío (frigorías) que generan, se calcula la temperatura de cada habitación utilizando las Tablas de simulación.
 - Cuando la habitación tiene ventana perderá un porcentaje de su frescor en primavera y verano o perderá un porcentaje de su calor en otoño e invierno. Este porcentaje viene definido en el plano.
 - Cada habitación gana del exterior y pierde del interior un determinado porcentaje de su temperatura. Este dato viene definido en el problema.
 - Finalmente, en aquellas habitaciones que comparten una puerta abierta se efectuará una transferencia mutua de temperatura del 25 % en un plazo de 10 minutos.
 - Para evitar comportamientos irreales, la temperatura nunca se permite que baje de 0 ° C ni que suba de 50 ° C.
- **Iluminación interior:** A partir del número de bombillas y según el estado de la persiana se calcula la iluminación interior. Una persiana deja pasar los siguientes porcentajes de luz procedente del exterior: si está subida el 80 %, si está casi subida el 60 %, y así sucesivamente hasta llegar al 0 % cuando está completamente bajada.
- **Cargas eléctricas:** De acuerdo al estado de apagado/encendido de los operadores de tipo eléctrico, incluidos los sistemas reguladores, se calcularán las cargas por línea a partir de los enchufes que pertenecen a cada línea de carga. Si las cargas se superan se producirán los cortes en las líneas comentados en el apartado de Línea de Botones.

El entorno también simula el paso del tiempo gracias al reloj y con un dibujo que indica si es de noche o de día. Hay que destacar que las persianas, cuando tienen una regulación automática, se bajarán por la noche.

Regulación de la temperatura

Cada sistema regulador de temperatura se encarga de realizar lo siguiente:

- Calcular la temperatura de la habitación calculando la temperatura media que arrojan los sensores.
- Si la temperatura medida es menor que la deseada, teniendo en cuenta el posible margen de histéresis, y si no es verano, encenderá los radiadores.
- Si la temperatura medida es menor o igual que la deseada apagará los aparatos de aire acondicionado (si estaban encendidos).
- Si la temperatura medida es mayor que la deseada, teniendo en cuenta el margen de histéresis, y si no es invierno, encenderá los aparatos de aire acondicionado.
- Si la temperatura medida es mayor o igual que la deseada apagará los radiadores (si estaban encendidos).

Para que pueda actuar sobre algún operador, éste deberá estar bien conectado de acuerdo con el sistema domótico empleado y debe disponer de electricidad si es un dispositivo que la necesite.

Regulación de la iluminación

Cada sistema regulador de iluminación se encarga de realizar lo siguiente:

- Calcular si hay presencia humana en la habitación a partir de los sensores de presencia.
- Calcular la iluminación de la habitación calculando la temperatura media que arrojan los sensores de iluminación interior.
- En regulación automática:
 - Si es de noche se bajan las persianas.
 - Si no hay presencia se apagan las bombillas.
 - Si se hace de día se apagan las bombillas.
- En regulación manual:
 - Establecer el estado de la persiana según indique el pulsador de persiana.
 - Establecer el estado de las bombillas según indique el interruptor de bombilla.
- En regulación automática: Si hay presencia y es de día, hasta alcanzar la iluminación deseada se subirá la persiana poco a poco y se irán encendiendo bombillas.

Para que pueda actuar sobre algún operador, éste deberá estar bien conectado de acuerdo con el sistema domótico empleado y debe disponer de electricidad si es un dispositivo que la necesite.

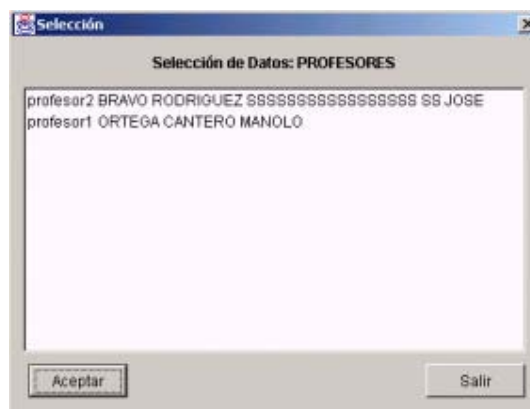
7.7 Herramientas de gestión y análisis

A continuación se describen una serie de herramientas destinadas a la gestión y organización de usuarios del sistema, la gestión de la memoria organizativa de problemas de diseño, la planificación de actividades o experiencias y el análisis de las mismas.

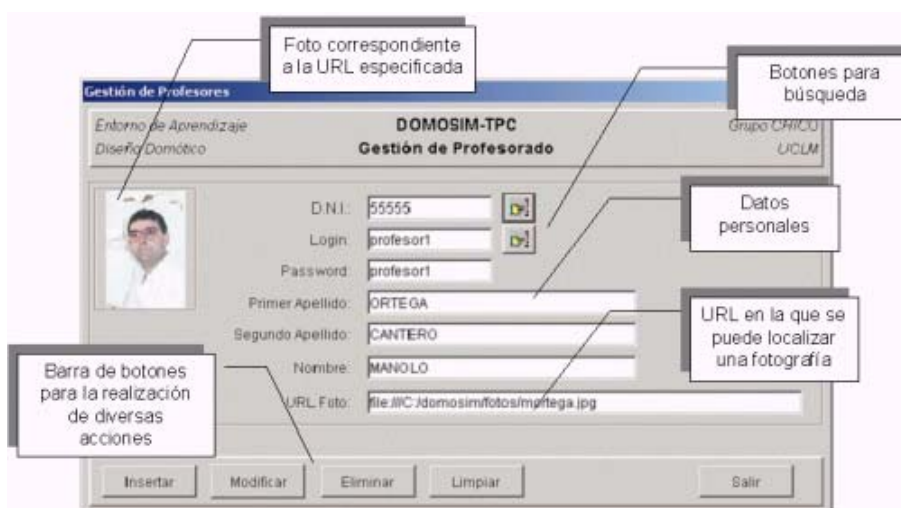
Gestión de profesores

La herramienta para la gestión de profesores y coordinadores se emplea para dar de alta en el sistema a nuevos profesores y para modificar datos personales de los profesores que están dados de alta previamente.

El cuadro de dialogo que soporta esta herramienta presenta, en su parte central, los datos que constituyen la ficha de cada profesor. Dispone de dos botones que facilitan la búsqueda de fichas específicas, mediante su D.N.I. y mediante su login. Tras pulsar con el ratón sobre alguno de estos botones de búsqueda se despliega un cuadro como el siguiente, con objeto de hacer que dicha búsqueda sea más intuitiva. En particular, se muestra una lista de fichas de entre las cuales se selecciona la deseada.



En la zona superior izquierda se puede visualizar la foto correspondiente a la persona cuyos datos se muestran en la ficha, para ello, se debe rellenar el campo URL foto, en el cual se especifica una URL completa para referenciar dicha foto.



La zona inferior del cuadro de diálogo agrupa botones de acción que representan varias funciones. El botón *Insertar* inserta los datos presentes en el cuadro de diálogo como una nueva ficha, es decir, da de alta a un nuevo profesor. El botón *Modificar* actualiza los datos de una ficha ya existente con los que actualmente se presentan en el cuadro. El botón *Eliminar* elimina la ficha cuyos datos (DNI y login) se muestran en el cuadro. El botón *Limpiar* elimina la información presente en los campos del cuadro de diálogo, pero no elimina la ficha de la base de datos. Por último, el botón *Salir* abandona la herramienta y devuelve el control a la pantalla principal de DomoSim.

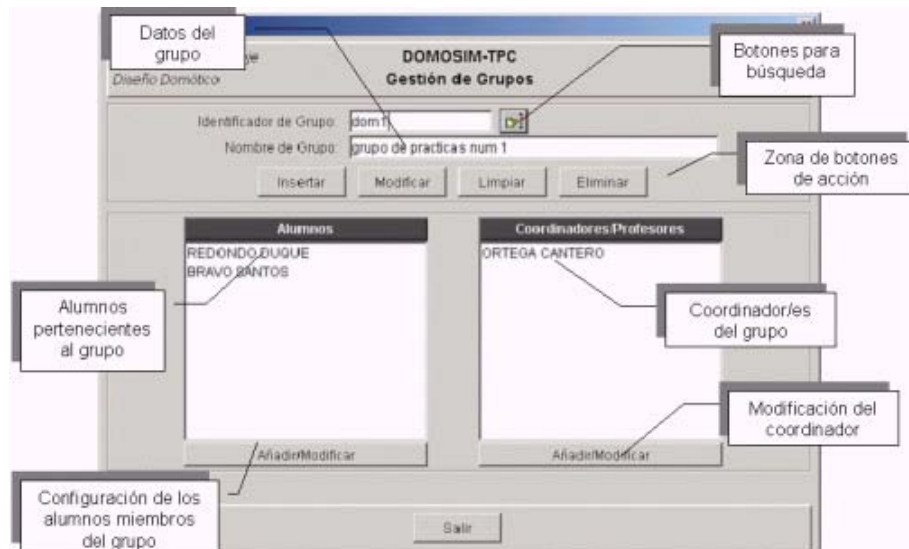
Gestión de alumnos

La herramienta para la gestión de alumnos se emplea para dar de alta en el sistema a nuevos alumnos y para modificar datos personales.

Tanto su interfaz como su funcionalidad es similar a la herramienta de Gestión de Profesorado, la única diferencia es el rol desempeñado por las personas representadas en las fichas que se manejan (en este caso son alumnos). Por lo tanto, para más información consultar el apartado anterior.

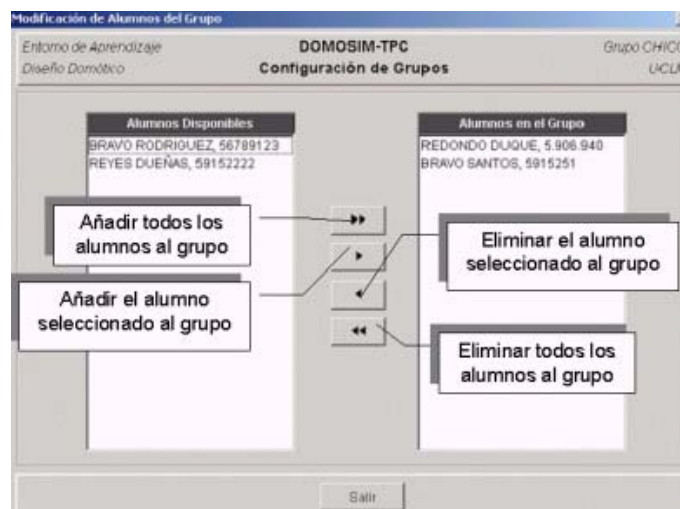
Gestión de grupos

Mediante la herramienta de gestión y configuración de grupos se crean grupos de trabajo y se asignan alumnos para participar en dicho grupo, así como el coordinador del mismo.



En la parte superior del cuadro de diálogo en el que se muestra la herramienta aparecen los campos que contienen los datos que identifican a un grupo (identificador y nombre). Junto a estos campos hay un botón de búsqueda que permite elegir el grupo buscado entre los que se muestran en una lista. Debajo de estos campos se localizan varios botones de acción. El botón *Insertar* inserta los datos presentes en el cuadro de diálogo como un nuevo grupo, es decir, da de alta un nuevo grupo. El botón *Modificar* actualiza los datos que identifican un grupo ya existente con los que actualmente se presentan en los campos del cuadro de diálogo. El botón *Limpiar* elimina la información presente en los campos del cuadro de diálogo, pero no elimina el grupo correspondiente de la base de datos. El botón *Eliminar* elimina (da de baja) en la base de datos del sistema el grupo representado por la información presente en los campos. En la parte inferior de la ventana se sitúa el botón *Salir* que fuerza la salida de esta herramienta y el retorno a la pantalla principal de DomoSim.

Además de definir y dar de alta grupos, es necesario disponer de mecanismos para definir los alumnos miembros del grupo y profesores encargados de coordinar dicho grupo. Los alumnos pertenecientes al grupo se muestran en una lista situada en la parte central izquierda de la ventana, mientras que los coordinadores se muestran en otra lista situada en la parte central derecha. Debajo de cada una de las listas hay un botón que permite acceder a una utilidad para configurar la composición de los grupos. Esta utilidad, que se muestra a continuación, resulta muy intuitiva de utilizar y tanto para configurar los profesores como los alumnos es exactamente igual. Dispone de dos zonas, una con los alumnos disponibles en el sistema (o profesores) y otra con los que ya se han incluido en el grupo, mediante los botones situados en la parte central se pueden añadir o eliminar alumnos (o profesores) del grupo, hasta conseguir la configuración deseada.



Diseño de planos

Esta herramienta es una Herramienta de Autor que permite al profesor definir los planos arquitectónicos utilizados en los problemas. Un plano define la vivienda o instalación sobre la que se realizará el diseño domótico.

Habitaciones	Puertas	Enchufes
(0,0,0,0) 5.0 x 5.0 x 2.0 V:E T:Sal	(0,0,3,0)	(0,0,1,0)
(0,0,5,0) 4.0 x 3.0 x 2.0 V:S T:Co	(3,0,5,0)	(0,0,4,0)
(4,0,5,0) 4.0 x 4.0 x 2.0 V:S T:Do	(4,5,5,0)	(0,0,7,0)
(5,0,3,5) 2.0 x 1.5 x 2.0 T:Baño	(6,0,5,0)	(4,0,6,0)
		(5,0,1,0)
		(5,0,4,0)
		(8,0,7,0)

Un plano está formado por los siguientes elementos:

- Número.
- Nombre
- Porcentaje de pérdida de calor en ventanas y puertas.
- Habitaciones.
- Puertas.
- Enchufes.

En la ventana, en la parte izquierda se encuentra la información relativa al plano y a sus elementos, en la parte superior de la parte derecha se encuentra un dibujo del plano con sus elementos, y en la parte inferior de la parte derecha se recoge una lista de las habitaciones, puertas y enchufes del plano.

El porcentaje de pérdida de calor en ventanas y puertas es de interés en la simulación del modelo diseñado (ver Simulación del Entorno).

Una habitación queda definida por su ubicación (x, y) y medidas (largo, ancho y alto) especificadas en metros. Cada habitación podrá tener una ventana o no tener ninguna. Para ello se seleccionará en la lista correspondiente el punto cardinal al que mira la ventana, caracterizado por una letra, o un espacio para indicar que no hay ventana. Cada habitación será de un tipo: Salón, Dormitorio, Cocina, Pasillo o Baño; caracterizado por una letra.

Tanto las puertas como los enchufes quedan definidos por su ubicación en el plano (x, y) expresada en metros.

Los botones *Insertar* y *Modificar* permiten insertar un nuevo plano y modificar sus datos respectivamente. En la parte inferior de la pantalla, el botón *Eliminar* elimina todos los datos de un plano. El botón *Limpiar* borra el contenido de los campos de la pantalla para comenzar a introducir un nuevo plano. Las habitaciones, puertas y enchufes son insertadas por medio de su botón *Insertar* correspondiente, y para cada una de ellas existe un botón para eliminar todos los elementos de ese tipo.

Gestión de problemas

Dentro del menú de Profesor destaca la gestión de problemas. El objetivo al que se enfrentan los alumnos es el diseño de un escenario para la resolución de un determinado problema, que queda definido por un enunciado, una serie de variables, unas con valores ya fijados y otras que deben ser definidas por los alumnos y que condicionan el tipo de solución de diseño, y el plano de la vivienda o edificio a domotizar. Los alumnos se clasifican en grupos, proponiendo el profesor los problemas a los grupos a través de actividades.

Los datos del problema se clasifican en cinco secciones; cada una se selecciona con la solapa correspondiente. Estas secciones son:

- Datos de identificación.
- Información del entorno.
- Características de la vivienda.
- Restricciones y necesidades del diseño.
- Información de simulación.

Los botones que se pueden utilizar son:

- *Insertar*: Añade un problema nuevo.
- *Modificar*: Guarda los datos modificados.
- *Eliminar*: Elimina un problema.
- *Limpiar*: Pone en blanco el contenido de los campos para introducir un nuevo problema.
- *Salir*: Abandona la gestión de problemas.

En las siguientes páginas se describen las distintas secciones de un problema.

Datos de identificación

Los datos de esta sección son los que identifican y describen el problema.

La imagen muestra una ventana de software titulada "Gestión de Problemas". En la parte superior, hay una barra de menú con "Entorno de Aprendizaje", "Diseño Domótico", "DOMOSIM-TPC", "Mantenimiento de Problemas", "Grupo CHICO" y "UCLM". Debajo de esto, hay una barra de pestañas con "Identificación", "Entorno", "Vivienda", "Restricciones y Necesidades" y "Simulación". La pestaña "Identificación" está activa. El formulario principal contiene los siguientes campos: "Identificación" (campo de texto con "100"), "Nivel complejidad" (menú desplegable con "Bajo"), "Enunciado" (campo de texto con "Instalar los sistemas indicados"), "Plano" (campo de texto con "100"), una casilla de verificación marcada "¿Requiere Diseño la solución?", y un campo de texto "Observaciones". En la parte inferior, hay una barra con los botones "Insertar", "Modificar", "Eliminar", "Limpiar" y "Salir".

Son los siguientes:

- **Identificación:** Es un código alfanumérico utilizado para identificar al problema.
- **Nivel de complejidad:** La colección de problemas, que es creada por expertos en el dominio y por profesores, los clasifica en tres niveles de complejidad: alto, medio y bajo. Los alumnos, al ir resolviendo problemas desde una menor a una mayor complejidad, refuerzan la estructura intrínseca del proceso de resolución de problemas y construyen su conocimiento mediante un proceso de elaboración e integración sucesivas.
- **Enunciado del problema:** Es un texto que describe el objetivo a cumplir.
- **Plano:** Es el número de plano en el que se basa el problema, es decir, el diseño se efectuará sobre el escenario determinado por el plano.
- **¿Requiere Diseño la solución?** Indica si el problema es experimental, esto es, que permite a los alumnos diseñar y efectuar simulaciones para observar el funcionamiento de los elementos pero que no tiene un objetivo de diseño, o es un problema de diseño, que requiere una solución en forma de diseño de acuerdo a las características del problema.
- **Observaciones:** Es un texto adicional para anotar observaciones.

Información del entorno

Los datos de esta sección se refieren a las características del entorno medioambiental en el que se realizará la simulación.

La información referente al entorno puede estar indefinida con el objeto de que sea completada por los alumnos como parte de la solución al problema. Esto se indica con las casillas Definido (*Def.*), una para cada tipo de información. De igual manera los diferentes datos pueden ser Modificables por los alumnos en el diseño de la solución al problema. No se debe dar la circunstancia de que un dato no definido se encuentre como no modificable, puesto que no sería posible darle valor.

DOMOSIM-TPC
Mantenimiento de Problemas

Entorno de Aprendizaje
Diseño Domótico

Grupo CHICO
UCLM

Identificación | Entorno | Vivienda | Restricciones y Necesidades | Simulación

Parámetro	0 h.	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	12 h.	14 h.	16 h.	18 h.	20 h.	22 h.
Temp. ext. (°C)	14	12	12	10	12	14	16	19	21	17	15	14
Ilum. ext. (lux)	0.0	0.0	0.0	0.0	100	250	300	250	0.0	150	50	0.0

☐ Temp. Ext. Modificable ☒ Temp. Ext. Def. ☐ Ilum. Ext. Modificable ☒ Ilum. Ext. Def.

Incidencia Temp. Exterior en el Interior en 10' (%)

Horas de inicio: Día Noche Simulación

Estación del año

Modificable Def.
☐ ☒
☒ ☒

Insertar Modificar Eliminar Limpiar Salir

Los datos del entorno son los siguientes:

- Temp. ext.: Se mide en grados centígrados; es la temperatura que habrá en el exterior de la vivienda o edificio durante la simulación. Se recoge una temperatura cada dos horas. La temperatura en un instante cualquiera entre dos de estas horas se calcula proporcionalmente. Por ejemplo, dada la definición de la pantalla de ejemplo, a las 5:30 h. habrá una temperatura en el exterior de 10.5 °C. $(12h-90m) \cdot (12h-10h)/120m$; 90 son los minutos transcurridos desde las 4 h. y 120 son los minutos que hay en el intervalo 4 h. a 6 h.
- Ilum. ext.: Se mide en lux; es la iluminación que habrá en el exterior de la vivienda o edificio durante la simulación. Para instantes cualquiera el cálculo se realiza de la misma manera que la temperatura exterior.
- Incidencia Temp. Exterior en el Interior en 10': Se mide en porcentaje; es el incremento de temperatura que habrá en el interior por influencia de la temperatura exterior. Este porcentaje se aplicará sobre la temperatura exterior produciendo un incremento o decremento total del porcentaje en el plazo de 10 minutos; si el tiempo transcurrido es menor se aplicará el porcentaje proporcionalmente al tiempo, si es mayor se aplicará el porcentaje indicado (no realizándose ningún ajuste).
- Horas de inicio: Son las horas de comienzo del día, de la noche y de la simulación. Influyen, por ejemplo, en la simulación de la iluminación: por la noche las persianas deben permanecer bajadas.
- Estación del año: Influye en la simulación de la temperatura, debido a que en verano nunca se encenderá la calefacción (radiadores) ni en invierno se encenderá el aire acondicionado.

Características de la vivienda

Los datos de esta sección se refieren a las características físicas de la vivienda o edificio que se está automatizando y sobre la que se realizará la simulación.

La información referente a la vivienda puede estar indefinida con el objeto de que sea completada por los alumnos como parte de la solución al problema. Esto se indica con las casillas Definido (*Def.*), una para cada tipo de información. De igual manera los diferentes datos pueden ser Modificables por los alumnos en el diseño de la solución al problema. No se debe dar la circunstancia de que un dato no definido se encuentre como no modificable, puesto que no sería posible darle valor.

Gestión de Problemas

Entorno de Aprendizaje **DOMOSIM-TPC** Grupo CHICO
Diseño Domótico **Mantenimiento de Problemas** UCLM

Identificación Entorno **Vivienda** Restricciones y Necesidades Simulación

Potencia energética (w) ☒ Modificable ☒ Def.

Secc. cable eléct. (m2) ☐ ☐

Parámetro	Lín.1	Lín.2	Lín.3	Lín.4	Lín.5	Lín.6	Lín.7	Lín.8	Lín.9	Lín...		
Potencia máx.	1500	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Valores por defecto

Potencia radiadores (w)	<input type="text" value="200.0"/>	Calor radiadores (cal)	<input type="text" value="300.0"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Potencia aires acond. (w)	<input type="text" value="200.0"/>	Frio aires acond. (frig)	<input type="text" value="280.0"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Potencia electrodomésticos (w)	<input type="text" value="200.0"/>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Consumo bombillas (w)	<input type="text" value="60.0"/>	Ilum. bombillas (lum)	<input type="text" value="660.0"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Consumo sistemas (w)	<input type="text" value="10.0"/>			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Los datos de la vivienda son los siguientes:

- Potencia energética: Se mide en vatios; es la potencia total contratada para la vivienda. No se podrá superar durante la simulación, suponiendo una limitación a las cargas a emplear.
- Secc. cable eléct.: Se mide en mm cuadrados; es la sección del cable eléctrico empleado en la vivienda.
- Potencia máx.: Se mide en vatios; es la potencia máxima asignada por línea de carga. En la realización del diseño se deberán asignar los enchufes eléctricos a las líneas de carga, pudiéndose establecer máximos de potencia por grupos de operadores.
- Potencia, Consumo: Se mide en vatios; es el consumo de electricidad que tienen los radiadores, aparatos de aire acondicionado, los electrodomésticos, las bombillas y los sistemas de regulación. Es un dato por defecto, esto quiere decir que se asigna al insertar un operador, pero podrá modificarse posteriormente mediante la parametrización del operador.
- Calor radiadores: Se mide en calorías; es la cantidad de calor que entregan los radiadores. Es un dato por defecto, esto quiere decir que se asigna al insertar un operador, pero podrá modificarse posteriormente mediante la parametrización del operador.
- Frio aires acond.: Se mide en frigorías; es la cantidad de frío que generan los aparatos de aire acondicionado. Es un dato por defecto, esto quiere decir que se asigna al insertar un operador, pero podrá modificarse posteriormente mediante la parametrización del operador.
- Ilum. bombillas: Se mide en lúmenes; es la luz que arrojan las bombillas. Es un dato por defecto, esto quiere decir que se asigna al insertar un operador, pero podrá modificarse posteriormente mediante la parametrización del operador.

Restricciones y necesidades del diseño

Los datos de esta sección se refieren a las restricciones o limitaciones que impone el problema junto con las necesidades a satisfacer. Este conjunto de información condicionará el tipo de solución a efectuar y serán aspectos muy a tener en cuenta.

Gestión de Problemas

Entorno de Aprendizaje **DOMOSIM-TPC** Grupo CHICO
Diseño Domótico **Mantenimiento de Problemas** UCLM

Identificación | Entorno | Vivienda | **Restricciones y Necesidades** | Simulación

Áreas de gestión

- ☒ Regulación iluminación
- ☒ Regulación temperatura
- ☐ Control energético
- ☒ Control de la seguridad ante accidentes
- ☒ Control de la seguridad frente a intrusión

Sistema exigido: Portadora

Nº radiadores: 5

Nº aires acondicionados: 5

Ilum. a garantizar (lux): 1000.0 2000.0

Temp. a garantizar (°C): 17.0 23.0

Electrodomésticos exigidos

- ☐ Televisión
- ☐ Ordenador
- ☐ Cadena de música
- ☐ Vídeo
- ☐ Cocina
- ☐ Botella de butano
- ☐ Horno
- ☐ Microondas
- ☐ Frigorífico
- ☐ Lavavajillas
- ☐ Lavadora

Necesidades de seguridad

- ☒ Escape de agua
- ☒ Escape de gas
- ☒ Incendio
- ☒ Seguridad ante intrusión

Ilum. inicial de todas las habitaciones (lux): 0.0

Temp. inicial de todas las habitaciones (°C): 20.0

Insertar Modificar Eliminar Limpiar Salir

Las restricciones y necesidades recogidas en el problema son:

- **Áreas de gestión:** Se refiere a las áreas de gestión (regulación de la iluminación, regulación de la temperatura, control energético, control de la seguridad ante accidentes y control de la seguridad frente a intrusión) que es preciso automatizar en el problema.
- **Sistema exigido:** Es el sistema domótico exigido en el problema; puede ser Portadora (corrientes portadoras), Controlador (controlador programable), Bus o Ninguno, este último para indicar que los alumnos deben escoger uno.
- **Nº radiadores, Nº aires acondicionados:** Es una limitación en el número de elementos de este tipo a utilizar.
- **Ilum. a garantizar:** Se mide en lux; recoge el rango (valor mínimo y máximo) de iluminación que en cualquier momento se debe poder satisfacer.
- **Temp. a garantizar:** Se mide en ° C.; recoge el rango (valor mínimo y máximo) de temperatura que en cualquier momento se debe poder satisfacer.
- **Electrodomésticos exigidos:** Son aquellos electrodomésticos que obligatoriamente deben aparecer en la solución diseñada.
- **Necesidades de seguridad:** Son aquellos aspectos de seguridad que obligatoriamente deben estar contemplados en la solución diseñada.
- **Temp. inicial de todas las habitaciones:** Se mide en ° C.; es la temperatura inicial que tendrán todas las habitaciones al comenzar la simulación.

Información de simulación

Los datos de esta sección se utilizarán en el momento previo a la simulación.

Los Casos de Simulación son los casos a simular que incorpora el problema. Para cada actividad pueden realizarse y almacenarse más de una simulación, siendo los alumnos los que pueden crear casos de simulación y elegir aquél que quieran simular, pero también el problema puede aportar de uno a tres casos como guía y cuyas simulaciones deben ser completadas.

En el proceso de realización de simulaciones los alumnos reflexionan sobre las cosas que suceden, obteniendo conclusiones, descartando soluciones, etc. El mecanismo de establecimiento de hipótesis permitirá a los alumnos enunciar una hipótesis antes de simular y confirmarla o rechazarla después de la simulación. El problema puede aportar una o dos hipótesis de ejemplo como guía a los alumnos.

Planificación de actividades

Mediante la gestión y planificación de actividades los profesores o coordinadores de grupo disponen de la posibilidad de plantear la realización de actividades o experiencias. De forma simplificada, una actividad es la resolución de un problema de diseño por un grupo de trabajo. Por lo tanto, para plantear una actividad será necesario decidirse por un problema y un grupo para resolverlo. Además, una actividad lleva asociada alguna información más, por ejemplo, una identificación, un nivel de ayuda que ofrecerá el sistema durante la planificación del diseño, la definición de especialistas o responsables de resolver diferentes apartados (o tareas) de un problema, la asociación de roles a cada miembro del grupo, la especificación de restricciones sobre las posibilidades de discusión y argumentación durante la planificación del diseño y, por último, el mecanismo elegido para la toma de decisiones sobre la parametrización de los diferentes objetos utilizados en el diseño.

La ventana que soporta la herramienta de gestión de actividades muestra diversos campos sobre los cuales se pueden efectuar modificaciones. Algunos de estos campos disponen de botones de búsqueda que facilitan la tarea de edición de la información que contienen. Esto es, para rellenarlos es posible seleccionar los contenidos directamente de una lista con todas las posibilidades. Otros campos como los relativos al nivel

de ayuda que ofrecerá el sistema (medio, bajo o alto) y el modelo de toma de decisión en la parametrización (democrático o mediante propuestas) directamente muestran las distintas posibilidades que ofrecen en una lista desplegable.

En la zona inferior de la ventana que soporta la herramienta se localizan varios botones de acción. El botón *Insertar* inserta los datos presentes en el cuadro de diálogo como una nueva actividad propuesta. El botón *Modificar* actualiza los datos que caracterizan una actividad ya propuesta con los que se actualmente se presentan en el los campos del cuadro de diálogo. El botón *Limpiar* elimina la información presente en los campos del cuadro de diálogo, pero no elimina la actividad de la base de datos. El botón *Eliminar* elimina (da de baja) en la base de datos del sistema la actividad representada por la información presente en los campos, en particular identificada por el campo Identificador de actividad. Finalmente, el botón *Salir* fuerza la salida de esta herramienta y el retorno a la pantalla principal de DomoSim.

Tablas de simulación

De cara a la simulación del funcionamiento de una vivienda domotizada, esta herramienta de autor permite definir el comportamiento de la temperatura. Los factores tenidos en cuenta son:

- El volumen de la habitación: Cuanto más grande sea más costará calentarla o enfriarla según las necesidades de temperatura.
- Calorías o frigorías que entrega el aparato calefactor, el radiador en este caso, o el aparato refrigerador, aire acondicionado en este caso.
- Temperatura inicial de la habitación: Es también determinante a la hora de calcular la nueva temperatura de la habitación.

Volumen (m3)	Calor (cal)	Frío (frig)	T. Inicial (°C)	Incr. Calor (°C)	Incr. Calor M...	Incr. Frío (°C)	Incr. Frío M...
0.0-4.0	0.0-1000.0	0.0-1000.0	5.0-15.0	5.0	6.0	-2.05	-2.46
0.0-4.0	0.0-1000.0	0.0-1000.0	15.0-20.0	4.0	4.8	-3.05	-3.6599998
0.0-4.0	0.0-1000.0	0.0-1000.0	20.0-25.0	3.0	3.6	-4.05	-4.86
0.0-4.0	0.0-1000.0	0.0-1000.0	25.0-50.0	2.0	2.4	-5.05	-6.0600004
0.0-4.0	1000.0-2000.0	1000.0-2000.0	5.0-15.0	6.0	7.2	-2.25	-2.7
0.0-4.0	1000.0-2000.0	1000.0-2000.0	15.0-20.0	5.0	6.0	-3.55	-4.2599998
0.0-4.0	1000.0-2000.0	1000.0-2000.0	20.0-25.0	3.5	4.2	-5.05	-6.0600004
0.0-4.0	1000.0-2000.0	1000.0-2000.0	25.0-50.0	2.2	2.64	-6.05	-7.26
0.0-4.0	2000.0-3000.0	2000.0-3000.0	5.0-15.0	8.0	9.6	-2.55	-3.06

Incr. T. Calor (°C) --

Incr. T. Frío (°C) --

Modificar Limpiar Salir

De acuerdo a cada uno de estos valores (volumen, calor o frío y temperatura inicial) se buscará en la tabla la fila en la que se encuentran, y se devolverá el incremento de calor que se producirá (un máximo y un mínimo) o el de frío según el caso. Para obtener realmente un único valor de incremento se ponderará el volumen, calor o frío y temperatura inicial al intervalo cubierto para obtener un incremento que se encontrará entre el mínimo y el máximo. Por ejemplo, si una habitación tiene 2 metros cúbicos, este dato tendrá una ponderación del 50 % en el incremento de temperatura debido a que el intervalo de volumen en que se encuentra la habitación es de 0 a 4 metros cúbicos. Si un radiador entrega 1750 calorías, tendrá una ponderación del 75 % en el incremento de temperatura porque el intervalo es de 1000 a 2000 calorías.

Esta tabla se encontrará inicialmente cargada con unos valores orientativos. No obstante el profesor podrá modificar cualquier valor de incremento seleccionando la fila a modificar en la tabla, escribiendo los valores en los campos correspondientes y pulsando *Modificar*. El botón *Limpiar* permite borrar el contenido de los campos.